

**BİR BOYA FABRİKASINDA İÇ HAVA
KALİTESİ
VE İŞÇİ SAĞLIĞI ÜZERİNDE
ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Nuray GÖKÇEN

Yüksek Lisans Tezi

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Lokman Hakan TECER**

2015

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİR BOYA FABRİKASINDA İÇ HAVA KALİTESİ VE İŞÇİ SAĞLIĞI
ÜZERİNDE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Nuray GÖKÇEN

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Lokman Hakan TECER

TEKİRDAĞ-2015

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Lokman Hakan TECER danışmanlığında, Nuray GÖKÇEN tarafından hazırlanan “Bir Boya Fabrikasında İç Hava Kalitesi ve İşçi Sağlığı Üzerinde Etkilerinin Değerlendirilmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof. Dr. Lokman Hakan TECER *İmza :*

Üye : Yrd. Doç. Dr. Levent Cem MUTLU *İmza :*

Üye : Doç. Dr. Tolga TUNÇAL *İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİR BOYA FABRİKASINDA İÇ HAVA KALİTESİ VE İŞÇİ SAĞLIĞI ÜZERİNDE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Nuray GÖKÇEN

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Lokman Hakan TECER

Bina içi ortamlarda insanlar zamanlarının yaklaşık %90'ını geçirmektedir ve bu zaman dilimi arttıkça iç hava kalitesi giderek büyüyen bir kaygı haline gelmiştir. Birçok araştırma iç hava kirletici seviyelerinin dış havadaki kirletici seviyelerinden çok daha yüksek olabildiğini göstermektedir. Özellikle çalışma ortamlarında, üretim konusu ve proses parametrelerine bağlı olarak iç ortam hava kirleticiler ve etkileri değişkenlik göstermektedir. Boya üretim tesislerinde genelde maruz kalınan kirleticiler partikül madde ve uçucu organik bileşiklerdir. Uzun bir iş hayatı boyunca iç ortamda solunan havada bulunan bu kirleticilere uzun süreli kişisel maruziyet söz konusu olabilmektedir. Bu çalışmada, bir boya üretim tesisinde iç ortam hava kirletici ve konsantrasyonları belirlenerek maruz kalınan kirleticilerin çalışanlar üzerindeki sağlık etkileri değerlendirilmiştir. Boya üretim bölümü, renk ayarlama bölümleri, laboratuvar, macun üretim bölümü, boya sprej fırını ve dolun bölümlerinde toplam 9 noktada uçucu organik bileşikler (UOB) ölçümü yapılmıştır ve UOB'lerin tayininde GC/FID kullanılmıştır. İşletmede yapılan ölçümler sonucu belirlenen ortalama toplam konsantrasyonlar benzen için 0,298 mg/m³, 1,2-dibromoetan için 4,929 mg/m³, etilbenzen için 0,495 mg/m³, m,p-ksilen için 0,457 mg/m³, o-ksilen için 0,314 mg/m³, toluen için 1,021 mg/m³, n-propilbenzen için 0,043 mg/m³, 2-klorotoluen için 0,090 mg/m³, 4-klorotoluen için 0,133 mg/m³, stiren için 0,77 mg/m³, klorobenzen için 0,140 mg/m³ olarak tespit edilmiştir. Belirlenen iç ortam UOB konsantrasyonları ile her bölümde kanser riski ve tehlike indeksi hesaplanmıştır. En yüksek kanser riski 0,232 iken, tehlike indeksinin en yüksek değeri 1,629 olmuştur. İşletmede boya ve macun üretim bölümünde partikül madde konsantrasyonları 7,45 mg/m³ ve 3,11 mg/m³ ölçülmüş olup, Tozla Mücadele Yönetmeliği'nde belirtilen 15 mg/m³ sınır değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. İşletmede dolun ve laboratuvarda konfor (karbondioksit ve sıcaklık) parametreleri 2 ay süreyle ölçülmüştür ve CO₂ konsantrasyonu için NDIR metoduyla çalışan cihaz kullanılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda ortalama CO₂ konsantrasyonu laboratuvarda 539 ppm, dolun bölümünde 691 ppm olarak tespit edilmiştir. Her iki ortamda da CO₂ konsantrasyonu sınır değer olarak kabul edilen 1000 ppm'in altındadır. CO₂ konsantrasyon değerleri ile hava değişim sayısı hesaplanmış olup, dolun bölümünde 0,249 h⁻¹, laboratuvarda 0,898 h⁻¹ olarak bulunmuştur. Ayrıca, işletmede çalışan her bölümden bir kişiye Kişisel Maruziyet PM ve UOB ölçümleri yapılmıştır. Boya üretim bölümünde çalışan kişiye yapılan ölçümde PM 7,31 mg/m³ iken, macun üretim bölümünde 0,29 mg/m³ olarak bulunmuştur. Macun bölümünde yapılan PM maruziyeti ölçüm sonuçları Tozla Mücadele Yönetmeliği'nde belirtilen 5 mg/m³ sınır değerinin altında iken, boya üretim bölümünde sınır değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. UOB derişimleri ile kanser riski ve tehlike indeksi hesaplanmış olup, en yüksek kanser riski ve tehlike indeksi sırasıyla 15,122 ve 30,187'dir. Bunlara ilaveten çalışanlara ait periyodik sağlık kontrollerinde GGT ve hipurik asit için sınır değerlerinin üzerinde sonuçlar tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: İç Ortam Hava Kalitesi, Uçucu Organik Bileşikler (UOB), Partikül Madde (PM), Kanser Riski, Hava Değişim Katsayısı, Boya Fabrikası

2015, 115 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

INVESTIGATION OF INDOOR AIR QUALITY AND EFFECTS ON WORKERS' HEALTHY IN A PAINT FACTORY

Nuray GÖKÇEN

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Lokman Hakan TECER

People spend about 90% of their time in indoor places and this time period that increases indoor air quality has become a growing concern. The outdoor air pollutant levels in many studies indicate that indoor air pollutant levels can be much higher. Especially in the workplaces, indoor air pollutants and their effects vary depending on the production issues and the process parameters. Indoor air pollutants are usually exposed in the paint manufacturing facility are particulate matter and volatile organic compounds. Long-term inhalation of these pollutants in indoor air that can be personal exposure over a long career in question. In this study, indoor air pollutants and exposure concentrations in a paint manufacturing plant was determined, the health effects of pollutants on workers exposed to indoor air pollutants was evaluated. VOCs measurements were made in paint production department, color adjustment departments, laboratory, putty production department, paint spray oven and filling department (9 points in total) and GC / FID was used for detection of VOCs. The average total concentrations were determined as a result of the measurements made in the plant, 0.298 mg/m³ for Benzene, 4,929 mg/m³ for 1,2-Dibromoethane, 0,495 mg/m³ for Ethylbenzene, 0,457 mg/m³ for m,p-Xylene, 0,314 mg/m³ for o-Xylene, 1,021 mg/m³ for Toluen, 0,043 mg/m³ for n-Propylbenzene, 0,090 mg/m³ for 2-Chlorotoluene, 0,133 mg/m³ for 4-Chlorotoluene, 0,77 mg/m³ for Styrene, 0,140 mg/m³ for Chlorobenzene. Cancer risk and hazard index was calculated with the indoor VOC concentrations in each department. The highest cancer risk is 0,232, the highest value of the hazard index is 1,629. Concentrations of particulate matter in the paint and putty production department are 7.45 mg /m³ and 3.11 mg/m³, both value are below the limit value (15 mg/m³) in the Regulation About Dust. Comfort (carbon dioxide and temperature) parameters were measured in filling department and laboratory for 2 months and NDIR is the method used by the apparatus running for concentration of CO₂. The measurement results of the average CO₂ concentration are 539 ppm in laboratory, 691 ppm at filling department. Concentrations of CO₂ in both department are below the limit value (1000ppm). Air change rate were calculated with concentration of CO₂ and air change rates are 0,249 h⁻¹ in the filling department, 0,898 h⁻¹ in the laboratory. In addition, one person from each department working in plant, PM and VOC exposure measurements were made. PM exposure for a person working in the paint production department is 7,31 mg/m³, for a person working in the putty production department is 0,29 mg/m³. PM exposure measurement in the putty department is below the limit value (5 mg/m³) in the Regulation About Dust, PM exposure measurement in the paint production department is above the limit value. Cancer risk and hazard index were calculated with concentrations of VOC, the highest cancer risk and hazard index is 15.122 and 30.187. Additionally, higher GGT and hippuric acid results than the limit values was determined in periodic health checks of employees.

Keywords: Indoor Air Quality, Volatile Organic Compounds (VOC), Particulate Matter (PM), Cancer Risk, Air Change Rate, Paint Factory

2015, 115 pages

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	v
ŞEKİL DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ÖNSÖZ	x
1.GİRİŞ	1
2.LİTERATÜR TARAMASI	2
2.1.İç Ortam Hava Kalitesi	2
2.2.İç Ortam Hava Kirleticileri ve Sağlık Üzerine Etkileri	2
2.2.1.Partikül Madde	3
2.2.2.Uçucu Organik Bileşikler (UOB)	7
2.2.3.Formaldehit	11
2.2.4.Karbonmonoksit (CO)	13
2.2.5.Ozon (O ₃)	14
2.2.6.Kükürtdioksit (SO ₂)	15
2.2.7.Azot Oksitler (NO _x)	16
2.2.8.Kurşun (Pb)	16
2.3.Konfor Parametreleri	17
2.3.1.Karbondioksit (CO ₂)	17
2.3.2.Sıcaklık ve Nem	19
2.4.İç Hava Kalitesinde Yapı Malzemelerinin Rolü	20
2.5.İç Ortam Hava Kalitesi Standartları	21
3.MATERYAL VE YÖNTEM	25
3.1.Çalışma Alanının Tanıtımı	25
3.1.1.Boya Üretim Prosesi ve Akım Şeması	25
3.1.2.Boya Bileşenleri	30
3.1.3.Havalandırma Sistemleri	31
3.1.3.1.Genel Havalandırma	33
3.1.3.2.Lokal Egsoz Havalandırma	36
3.2.İç Ortam Hava Kalitesi Parametrelerinin Ölçülmesi	36
3.2.1.Partikül Madde Ölçümü	42
3.2.2.Uçucu Organik Bileşiklerin Ölçümü	44
3.2.3.Kişisel Maruziyet Ölçümü	45
3.2.4.Kurşun Ölçümü	47
3.2.5.Karbondioksit-Sıcaklık Ölçümü ve Hava Değişim Sayısı Hesabı	47
3.3.Sağlık Verilerinin Temini ve Risk Hesaplamaları	49
3.4.İstatistiksel Analizler	51
3.4.1.Tanımlayıcı İstatistik	52
3.4.2.Korelasyon	52
4.BULGULAR VE TARTIŞMA	53
4.1.İç Ortam Hava Kalitesi Parametrelerinin Ölçüm Sonuçları	53
4.1.1.Partikül Madde ve Kurşun	53
4.1.2.Uçucu Organik Bileşikler	53
4.1.2.1.UOB Konsantrasyonları için İstatistiksel Analiz Sonuçları	66

4.1.3.Kişisel Maruziyet PM.....	68
4.1.4.Kişisel Maruziyet UOB	68
4.1.5.CO ₂ -Sıcaklık Ölçüm Sonuçları ve Hava Değişim Sayısı Hesabı Sonuçları.....	71
4.2.Çalışanlara Ait Sağlık Verileri	74
4.2.1.Çalışanlara Ait Sağlık Verileri için İstatistiksel Analiz Sonuçları	79
4.3.İç Ortam Hava Kalitesinin Çalışanlar Üzerine Etkileri.....	80
4.3.1.Kanser Riski Hesabı Sonuçları	80
4.3.1.1.İç Ortam UOB Riskleri.....	80
4.3.1.2.Kişisel Maruziyet UOB Riskleri	90
4.3.2.Tehlike İndeksi Hesabı Sonuçları.....	93
4.3.2.1.İç Ortam UOB Riskleri.....	93
4.3.2.1. Kişisel Maruziyet UOB Riskleri	104
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	108
6. KAYNAKLAR.....	112
ÖZGEÇMİŞ	115

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. İç ortam hava kirletici kaynakları.....	3
Çizelge 2.2. Partikül madde boyutları	4
Çizelge 2.3. Şekillerine göre partiküller	5
Çizelge 2.4. Çeşitli partikül halindeki kirleticilerin büyüklükleri ve özellikleri.....	6
Çizelge 2.5. Partikül boyutu ve solunum sistemi arasındaki ilişki	7
Çizelge 2.6. Bazı uçucu organik bileşiklerin kaynama noktaları ve buhar basınçları	8
Çizelge 2.7. İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşiklerin kaynakları	9
Çizelge 2.8. Bazı uçucu organik bileşikler için toksisite değerleri	11
Çizelge 2.9. Formaldehit maruziyetinin akut sağlık etkileri	12
Çizelge 2.10. İnsanların meşguliyet durumlarına göre havaya verdikleri CO ₂ miktarı	18
Çizelge 2.11. Yapı içindeki koşullara bağlı olarak insanlarda görülen sorunlar	20
Çizelge 2.12. Uluslararası iç hava kalitesi / iş sağlığı standartları ve rehber sınır değerleri	22
Çizelge 2.13. Mesleki maruziyet sınır değerleri.....	23
Çizelge 2.14. Mesleki maruziyet sınır değerleri.....	23
Çizelge 2.15. Tozlar için mesleki maruziyet sınır değerleri.....	24
Çizelge 3.1. Ölçüm yapılan noktalar	37
Çizelge 3.2. Sağlık risklerinin hesaplanmasında kullanılan standart parametreler	50
Çizelge 3.3. UOB için kullanılan SF ve RfD değerleri	51
Çizelge 4.1. PM ve kurşun konsantrasyonları	53
Çizelge 4.2. “1” Laboratuvarda tespit edilen UOB ve konsantrasyonları	55
Çizelge 4.3. “2” Boya sprej fırınında tespit edilen UOB ve konsantrasyonları	55
Çizelge 4.4. “3” Renk ayarlama(zemin) bölümünde tespit edilen UOB ve konsantrasyonları	55
Çizelge 4.5. “4” Dolum bölümünde tespit edilen UOB ve konsantrasyonları	56
Çizelge 4.6. “5” Bazkat boya üretim bölümünde tespit edilen UOB ve konsantrasyonları	56
Çizelge 4.7. “6” Macun üretim bölümünde tespit edilen UOB ve konsantrasyonları.....	57
Çizelge 4.8. “7” Boya üretim (karışım) bölümünde tespit edilen UOB ve konsantrasyonları	57
Çizelge 4.9. “8” Renk ayarlama (1.kat) bölümünde tespit edilen UOB ve konsantrasyonları	58
Çizelge 4.10. “9” Boya üretim (ezim) bölümünde tespit edilen UOB ve konsantrasyonları ...	58
Çizelge 4.11. UOB’lerin korelasyon analizi.....	67
Çizelge 4.12. Kişisel maruziyet PM ölçüm sonuçları	68
Çizelge 4.13. Laboratuvarda çalışan 5. kişi için kişisel maruziyet UOB ölçüm değerleri	69
Çizelge 4.14. Boya sprej fırınında çalışan 23. kişi için kişisel maruziyet UOB değerleri	69
Çizelge 4.15. Dolumda çalışan 41. kişi için kişisel maruziyet UOB ölçüm değerleri	70
Çizelge 4.16. Boya üretim (karışım) bölümünde çalışan 37. kişi için kişisel maruziyet UOB	70
Çizelge 4.17. Renk ayarlama (1.kat) bölümünde çalışan 16. kişi için kişisel maruziyet UOB	71
Çizelge 4.18. Renk ayarlama (1.kat) bölümünde çalışan 19. kişi için kişisel maruziyet UOB	71
Çizelge 4.19. Dolum ve laboratuvar bölümleri konfor parametreleri istatistikleri	72
Çizelge 4.20. Dolum ve laboratuvar bölümlerinde hava değişim akışı ve ACR.....	73
Çizelge 4.21. Laboratuvarda çalışanların periyodik sağlık kontrolü sonuçları	75
Çizelge 4.22. “1” Boya sprej fırınında çalışanların periyodik sağlık kontrolü sonuçları	76
Çizelge 4.23. “3” Renk ayarlama bölümünde çalışanların sağlık kontrolü sonuçları	76
Çizelge 4.24. “4” Dolum bölümünde çalışanların periyodik sağlık kontrolü sonuçları.....	77
Çizelge 4.25. “5” Bazkat boya üretim bölümünde çalışan kişinin sağlık kontrolü sonuçları ...	77
Çizelge 4.26. “6” Macun üretim bölümünde çalışanların periyodik sağlık kontrolü sonuçları	78
Çizelge 4.27. “7” ve “9” Boya üretim bölümünde çalışanların sağlık kontrolü sonuçları	78
Çizelge 4.28. “8” Renk ayarlama (1.kat) bölümünde çalışanların sağlık kontrolü sonuçları	78

Çizelge 4.29. Solunum fonksiyon testi frekans dağılım tablosu	79
Çizelge 4.30. Diğer sağlık verilerinin tanımlayıcı istatistikleri	80
Çizelge 4.31. “1” Laboratuvar çalışanları için CDI ve kanser riski değerleri	82
Çizelge 4.32. “2” Boya spreyci fırını çalışanları için CDI ve kanser riski değerleri	83
Çizelge 4.33. “3” Renk ayarlama (zemin) çalışanları için CDI ve kanser riski değerleri	84
Çizelge 4.34. “4” Dolum çalışanları için CDI ve kanser riski değerleri	86
Çizelge 4.35. “5” Bazkat boya üretim bölümü çalışanları için CDI ve kanser riski değerleri	87
Çizelge 4.36. “6” Macun üretim bölümü çalışanları için CDI ve kanser riski değerleri	87
Çizelge 4.37. “7” ve “9” Boya üretim bölümü çalışanları için CDI ve kanser riski değerleri	88
Çizelge 4.38. “8” Renk ayarlama (1. kat) çalışanları için CDI ve kanser riski değerleri	89
Çizelge 4.39. Laboratuvarda çalışan 5. kişi için CDI ve kanser riski değerleri	91
Çizelge 4.40. Boya spreyci fırınında çalışan 23. kişi için CDI ve kanser riski değerleri	91
Çizelge 4.41. Dolum bölümünde çalışan 41. kişi için CDI ve kanser riski değerleri	92
Çizelge 4.42. Boya üretim (karışım) bölümünde çalışan 37. kişi için CDI ve kanser riski	92
Çizelge 4.43. Boya üretim (1. kat) bölümünde çalışan 16. kişi için CDI ve kanser riski	93
Çizelge 4.44. Boya üretim (1. kat) bölümünde çalışan 19. kişi için CDI ve kanser riski	93
Çizelge 4.45. “1” Laboratuvar çalışanları için CDI ve tehlike indeksi değerleri	95
Çizelge 4.46. “2” Boya spreyci fırını çalışanları için CDI ve tehlike indeksi değerleri	96
Çizelge 4.47. “3” Renk ayarlama (zemin) çalışanları için CDI ve tehlike indeksi	97
Çizelge 4.48. “4” Dolum çalışanları için CDI ve tehlike indeksi değerleri	99
Çizelge 4.49. “5” Bazkat boya üretim bölümü çalışanları için CDI ve tehlike indeksi	100
Çizelge 4.50. “6” Macun üretim bölümü çalışanları için CDI ve tehlike indeksi değerleri	101
Çizelge 4.51. “7” ve “9” Boya üretim bölümü çalışanları için CDI ve tehlike indeksi	102
Çizelge 4.52. “8” Renk ayarlama (1. kat) çalışanları için CDI ve tehlike indeksi değerleri	103
Çizelge 4.53. Laboratuvarda çalışan 5. kişi için CDI ve tehlike indeksi değerleri	105
Çizelge 4.54. Dolum bölümünde çalışan 41. kişi için CDI ve tehlike indeksi değerleri	105
Çizelge 4.55. Boya üretim (karışım) bölümünde çalışan 37. kişi için CDI ve kanser riski	106
Çizelge 4.56. Boya üretim (1. kat) bölümünde çalışan 16. kişi için CDI ve kanser riski	106
Çizelge 4.57. Boya üretim (1. kat) bölümünde çalışan 19. kişi için CDI ve kanser riski	107

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Partikül madde boyutunun insan saçı ve plaj kumu ile kıyaslanması (EPA).....	5
Şekil 2.2. Faaliyet düzeyine göre nefes alma miktarı, oksijen tüketimi ve CO ₂ üretim.....	18
Şekil 3.1. Boya ve astar üretimi iş akış şeması.....	26
Şekil 3.2. Macun ve oto pasta üretimi iş akış şeması	28
Şekil 3.3. Vernik, sertleştirici ve tiner üretimi iş akış şeması	29
Şekil 3.4. Boya üretimi sırasında ortamda hava kirleticiler	30
Şekil 3.5a. Genel havalandırma örneği (Eğri ve ark 2011)	33
Şekil 3.6. Tavsiye edilmeyen genel havalandırma örneği (Eğri ve ark 2011).....	35
Şekil 3.7. Lokal egsoz havalandırma örneği (Eğri ve ark 2011)	36
Şekil 3.8. “1” Kalite kontrol ve Ar-ge laboratuvarı.....	37
Şekil 3.9. “2” Boya sprej fırını	38
Şekil 3.10. “3” Renk ayarlama bölümü (zemin).....	39
Şekil 3.11. “8” Renk ayarlama bölümü (1. kat).....	39
Şekil 3.12. “4” Dolum bölümü	40
Şekil 3.13. “5” Bazkat boya üretim bölümü.....	40
Şekil 3.14. “6” Macun üretim bölümü.....	41
Şekil 3.15. “7” Boya üretim (karışım) bölümü.....	41
Şekil 3.16. “9” Boya üretim (ezim) bölümü.....	42
Şekil 3.17. Macun üretim bölümünde PM ölçümü.....	43
Şekil 3.18. Boya üretim bölümünde PM ölçümü	43
Şekil 3.19. UOB ölçümü	44
Şekil 3.20. Kişisel maruziyet PM ölçümü	45
Şekil 3.21. Kişisel maruziyet UOB ölçümü	46
Şekil 3.22. Kurşun ölçümü	47
Şekil 3.23. Dolum bölümünde CO ₂ ve sıcaklık ölçümü.....	48
Şekil 3.24. Laboratuvarda CO ₂ ve sıcaklık ölçümü.....	48
Şekil 4.1. Tüm bölümlerdeki benzen konsantrasyonu.....	59
Şekil 4.2. Tüm bölümlerdeki 1,2-dibromoetan konsantrasyonu	60
Şekil 4.3. Tüm bölümlerdeki etilbenzen konsantrasyonu	60
Şekil 4.4. Tüm bölümlerdeki m,p-ksilen konsantrasyonu	61
Şekil 4.5. Tüm bölümlerdeki o-ksilen konsantrasyonu	62
Şekil 4.6. Tüm bölümlerdeki toluen konsantrasyonu	62
Şekil 4.7. Tüm bölümlerdeki n-propilbenzen konsantrasyonu.....	63
Şekil 4.8. Tüm bölümlerdeki 2-klorotoluen konsantrasyonu	64
Şekil 4.9. Tüm bölümlerdeki 4-klorotoluen konsantrasyonu	64
Şekil 4.10. Tüm bölümlerdeki stiren konsantrasyonu	65
Şekil 4.11. Tüm bölümlerdeki klorobenzen konsantrasyonu	66
Şekil 4.12. Çalışanlar için kanser riski	81
Şekil 4.13. “1” Laboratuvarda çalışanlar için kanser risk değerleri	83
Şekil 4.14. “2” Boya sprej fırınında çalışanlar için kanser riski değerleri	84
Şekil 4.15. “3” Renk ayarlama (zemin) çalışanları için kanser riski değerleri.....	85
Şekil 4.16. “4” Dolum çalışanları için kanser riski değerleri	87
Şekil 4.17. “6” Macun üretim bölümü çalışanları için kanser riski değerleri	88
Şekil 4.18. “7” ve “9” Boya üretim bölümü çalışanları için kanser riski değerleri.....	89
Şekil 4.19. “8” Renk ayarlama (1. kat) çalışanları için kanser riski değerleri.....	90
Şekil 4.20. Çalışanlar için tehlike indeksi değerleri	94

Şekil 4.21. “1” Laboratuvar çalışanları için tehlike indeksi değerleri.....	96
Şekil 4.22.“2” Boya spreyci çalışanları için tehlike indeksi değerleri	97
Şekil 4.23. “3” Renk ayarlama (zemin) çalışanları için tehlike indeksi değerleri.....	98
Şekil 4.24. “4” Dolum çalışanları için tehlike indeksi değerleri	100
Şekil 4.25. “6” Macun üretim bölümü çalışanları için tehlike indeksi değerleri.....	101
Şekil 4.26. “7” ve “9” Boya üretim bölümü çalışanları için tehlike indeksi değerleri.....	102
Şekil 4.27. “8” Renk ayarlama (1.kat) çalışanları için tehlike indeksi değerleri.....	103

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ACGIH	: The American Council of Governmental Industrial Hygienists - Devlet Hijyen Uzmanları Amerikan Konseyi
ASHRAE	: Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği/ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BRI	: Bina Bağlantılı Hastalıklar/ Building Related Illness
CAS	: Kimyasal Abstrakt Servis Numarası
CO	: Karbonmonoksit
CO ₂	: Karbondioksit
D _a	: Fiziksel Çap
D _p	: Stokes Çapı
DFG	: Deutsche Forschungs Gemeinschaft - Alman Araştırma Topluluğu
DSÖ/WHO	: Dünya Sağlık Örgütü/ World Health Organization
EINECS	: Mevcut kimyasal maddelerin Avrupa envanteri
EPA	: Amerikan Çevre Koruma Örgütü/ U.S. Environmental Protection Agency
GC/FID	: Gaz Kromatografi/ Foto İyon Dedektörü
HC	: Health Canada - Kanada Sağlık Bakanlığı
Hong Kong	: The Government of the Hong Kong Special Administrative Region - Hong Kong Özel Yönetim Bölgesi Hükümeti
IRIS	: Integrated Risk Information System
mg/m ³	: Miligram/Metreküp
NIOSH	: Ulusal Meslek Sağlığı ve Korunma Enstitüsü/ National Institute of Occupational Safety and Health
NO _x	: Azotoksitler
NO ₂	: Azotdioksit
OSHA	: İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Kurulu/ Occupational Safety and Health Administration
O ₃	: Ozon
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
Pb	: Kurşun
PM	: Partikül Madde
ppm	: Milyonda bir kısım
RfD	: Referance Dose
SBS	: Hasta Bina Sendromu/ Sick Building Syndrom
SF	: Slope Factor
SO ₂	: Kükürtdioksit
SO _x	: Kükürtoksitler
STEL	: Başka Bir Süre Belirtilmedikçe 15 Dakikalık Süre İçin Aşılması Gereken Maruziyet Üst Sınır Değeri
TBS	: Kapalı Bina Sendromu/ Tight Building Syndrom
UOB	: Uçucu Organik Bileşikler
VOC	: Volatile Organic Compounds (Uçucu Organik Bileşikler)

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim süresince ve tez çalışmamda her türlü yardım ve desteği sağlayan, bilgi ve tecrübesiyle çalışmama ışık tutan, çalıştığım alanda kendimi geliştirmek adına bana rehberlik eden çok değerli hocam Prof. Dr. Lokman Hakan TECER'e, bugünlere gelmemi sağlayan, bütün öğrenim hayatım boyunca olduğu gibi bu çalışmamda da benden maddi ve manevi hiçbir desteği esirgemeyen sevgili annem Gülten GÖKÇEN'e, babam Osman GÖKÇEN'e ve ablam Gülay GÖKÇEN'e, tezimin hazırlanması sırasında beni her daim destekleyen Ersin ALBAY'a, tez çalışmalarımın yapılmasına imkan sağlayan işletme sahibine, ölçümleri yapmamda yardımlarını esirgemeyen iş arkadaşlarıma bütün içtenliğimle teşekkür ederim.

Şubat 2015

Nuray GÖKÇEN

1. GİRİŞ

İnsanlar zamanlarının %90'ını bina-içi mikro-çevrelerde, özellikle işyerlerinde ve evlerinde geçirdiklerinden, iç hava kalitesi insan sağlığı açısından çok önemli bir yer tutmaktadır. Kapalı ortamlarda geçirilen zaman dilimi arttıkça iç hava kalitesi giderek büyüyen bir kaygı haline gelmiş ve iç hava kalitesinin insan sağlığına olan etkisinin dış havanın etkisinden daha fazla olabildiği gözlemlenmiştir. Birçok araştırma iç hava kirletici seviyelerinin dış havadaki kirletici seviyelerinden çok daha yüksek olabildiğini göstermektedir. (Soysal 2007, Sohn 2012, Toprak ve ark. 2013).

Kapalı ortamlarda çok sayıda hava kirleticisi bulunmaktadır. Bunlar arasında partikül madde (PM), kükürt dioksit (SO_2), azot dioksit (NO_2), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO_2), uçucu organik bileşikler (VOC), formaldehit, ozon (O_3), kurşun (Pb) ve radon (Rd) sayılabilir. Pek çok kaynaktan iç ortam havasına yayılan bu kirleticiler akut ve kronik sağlık sorunlarına sebep olabilmektedir. Akciğer kanseri, alerjik reaksiyonlar, yorgunluk ve kalp hastalarında göğüs ağrıları, göz tahrişi ve üst solunum yolu hastalıkları, baş ağrısı, bulantı, bilinç kaybı, kronik akciğer hastalığı, astım, kardiovasküler sistem hastalıkları ve yüksek dozlarda maruziyet sonucu ölüme bile yol açan etkiler oluşturabilmektedir. Kapalı ortamlarda bulunan tozlardan kaynaklanan enfeksiyonların neden olduğu difteri, akciğer iltihabı ve diğer bulaşıcı hastalıklar ölümle sonuçlanabilir. Düşük derişimlerde, hasta bina sendromu belirtilerine yol açan ve maruziyetin kronik hale gelmesi ile yüksek toksisiteleri ile kanser de dahil olmak üzere ciddi sağlık etkileri gösterebilen uçucu organik bileşikler (UOB) ve formaldehit en önemli iç ortam hava kirleticileri arasındadır (Aslan ve ark, Alyüz ve ark. 2006, Yurtseven 2007, Babayiğit ve ark 2014).

Otuz yıllık bir iş hayatı düşünülüğünde, çalışma ortamlarında geçirilen günde ortalama 8 saatlik süre zarfında iç ortamda bulunan kirleticilere uzun süreli kişisel maruziyet söz konusudur. Çalışma ortamlarında genelde maruz kalınan kirleticilere örnek olarak partikül madde ($PM_{2.5}$ ve PM_{10}), uçucu organik bileşikler, inorganik bileşikler (NO_2 , CO vb.) verilebilir. Maruz kalınan bu iç hava kirleticileri çeşitli sağlık problemlerine yol açmaktadır (Toprak ve ark 2013).

Bu çalışmada, bir boya fabrikasında farklı bölümlerde iç ortam hava kalitesi (UOB, PM) ve konfor parametreleri (sıcaklık ve karbondioksit) ölçülmüştür. Aynı zamanda kişisel maruziyet UOB ve PM ölçümleri yapılarak kirleticilerin çalışan sağlığı üzerinde etkileri çeşitli risk hesaplamalarıyla ortaya konulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. İç Ortam Hava Kalitesi

Konutlarda, sanayi kuruluşlarında ve diğer kapalı mekanlarda iç ortam havasında; insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen karbon monoksit, kükürt dioksit, nitrojen oksitler, formaldehit, sigara dumanı, radon, asbest, kurşun, uçucu organik bileşikler, çeşitli mikroorganizma ve alerjenler gibi biyolojik, fiziksel ve kimyasal zararlı etkenlerin görülmesi 'iç ortam hava kirliliği' olarak tanımlanır (Soysal ve Demiral 2007).

İnsanların içinde bulunduğu havadan farklı beklentileri olduğu ve farklı algılamalarından dolayı, iç hava kalitesi için kesin sınırlar çizmek veya tanımlamak zordur. Bundan dolayı, "kabul edilebilir iç hava kalitesi" terimi ortaya çıkmıştır. ASHRAE 62-1989 ve 2001 Standardında kabul edilebilir iç hava kalitesi " İçinde, bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların %80 veya daha üzerindeki oranın havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği havadır" olarak açıklanmaktadır. İç hava kalitesi ile bağlantılı olarak Tight Building Syndrom -TBS (Kapalı Bina Sendromu), Sick Building Syndrom-SBS (Hasta Bina Sendromu) ve Building Related illness-BRI (Bina Bağlantılı Hastalıklar) olarak adlandırılan sağlık problemleri tanımlanmaktadır (Soysal ve Demiral 2007).

Son yıllarda, iç ortam hava kalitesinin insan sağlığı üzerine olan etkileri giderek artan ilgi görmektedir. Pek çok kaynaktan iç ortam havasına yayılan kirleticiler akut ve kronik sağlık sorunlarına sebep olmaktadır (Alyüz ve Veli 2006).

2.2. İç Ortam Hava Kirleticileri ve Sağlık Üzerine Etkileri

İç ortam hava kalitesi insanların sağlığı ve verimi ile doğrudan ilişkilidir. Kaliteli iç ortam hava kalitesi hem üretim kapasitesini arttırmakta hem de sağlıklı insan gücü potansiyeline katkıda bulunmaktadır.

Yüksek toksisiteleri ile uçucu organik bileşikler ve formaldehit en önemli iç ortam kirleticileri arasındadır. Sanayi kuruluşlarında ve diğer kapalı yapılarda; insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen partikül madde, karbon monoksit, ozon, kükürt dioksit, nitrojen oksitler, kurşun, çeşitli mikroorganizma ve alerjenler diğer önemli iç ortam hava kirleticilerdir (US EPA, Soysal ve Demiral 2007).

İç ortam hava kirleticileri ve kaynakları Çizelge 2.1’de detaylı olarak gösterilmiştir (Zeydan ve ark 2009).

Çizelge 2.1. İç ortam hava kirletici kaynakları (Zeydan ve ark 2009, Bulgurcu ve ark. 2006)

Kirletici	Kaynağı
Partikül Madde	Yanma işlemleri, sigara, işletmelerdeki kimyasallar
CO ₂	Yanma işlemleri, garaj eksozu, sigara dumanı
CO	Yanma işlemleri (ısıtıcılar, sobalar, şömine), garaj eksozu, sigara dumanı
NO ₂	Yanma işlemleri, garaj eksozu, sigara dumanı
O ₃	Fotokopi makinesi, yazıcı
SO ₂	Kükürt içeren yakıtların yanması
Kurşun (Pb)	Yapılarda kullanılan kurşunlu boyalar, işletmelerde kurşunlu boyar maddeler, garaj egsozu
UOB	Mobilyalar, halılar, vernikler, çözücüler, oda parfümleri, deterjanlar, yapıştırıcılar, yanma işlemleri, boyalar, yer ve duvar kaplamaları, laminant parkeler, kuru temizleme ile temizlenen elbiseler, böcek ilaçları
Formaldehit	Parçacık tutucular, kontra plaklar , formaldehit kopuk yalıtım katkıları, halı ve kumaşlar, dolaplar, mobilyalar

2.2.1. Partikül Madde

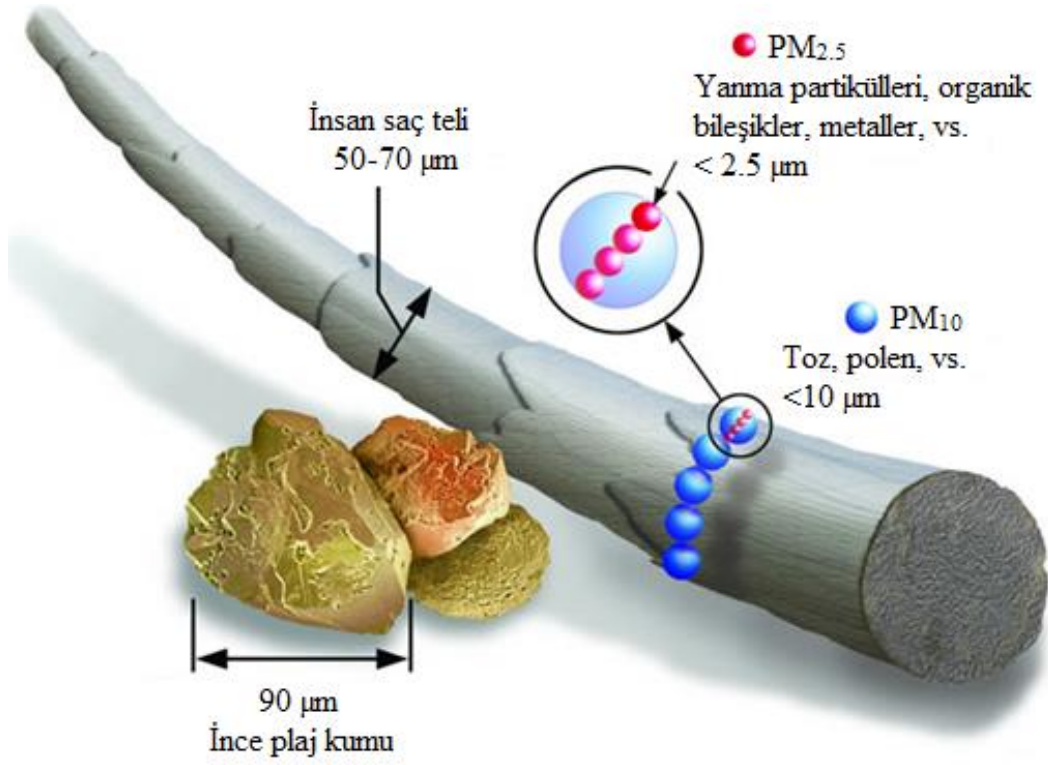
Partikül madde, insanların nefes aldıklarında soluyabilecekleri kadar küçük olan geniş bir boyut aralığında havada bulunan parçacıkların genel adıdır. Partikül maddelerin en önemli fiziksel özellikleri büyüklükleridir. Partikülün aerodinamik (fiziksel) çapıyla ifade edilip, boyutları mikrometre (μm) ile tanımlanır. Partiküller katı veya sıvı bir maddenin tek molekülü 0.002 μm ’den büyük, 500 μm ’den küçük taneciklerdir.

İnsan sağlığını ilgilendiren partiküllerin çapı 10 μm (PM_{10})’den daha küçük, özellikle 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$)’den küçük solunabilir partiküller olarak bilinirler. EPA, partikül maddeyi izelge 2.2’de gösterilen şekilde tanımlar (Vesilind 2011).

Çizelge 2.2. Partikül madde boyutları (Vesilind 2011)

Terminoloji	Kısaltma	ap Aralığı (μm)
Çok İnce	-	<0.1
İnce	$\text{PM}_{2,5}$	<2.5
Kaba	PM_{10}	2.5-10








50 μm ’den büyük olan partiküller, çıplak gözle görülebilirlerken 0,005 μm ’den küçük olanları ancak elektron mikroskobu ile gözlenebilirler. PM boyutunun insan saçı ve plaj kumu ile kıyaslanması Şekil 2.1.’de gösterilmiştir. 0,5 μm ’ den küçük olan partiküllerin havadaki hareketleri difüzyon ile gerçekleşir ve bu nedenle bu partiküller Stokes apı (D_p) ile ifade edilirler. apı 0,5 μm ’den büyük olan partiküller maddelerin havadaki hareketlerinde ise çökeltme, etkili mekanizma olduğundan çapları fiziksel ap (D_a) ile ifade edilir ve partikülün yoğunluğuna bağlıdır (Kurutaş 2009).



Şekil 2.1. Partikül madde boyutunun insan saçı ve plaj kumu ile kıyaslanması (EPA)

Partiküller Çizelge 2.3'te görüldüğü gibi, şekillerine göre küresel ve küresel olmayan partiküller olmak üzere ikiye ayrılırlar (Kurutaş 2009).

Çizelge 2.3. Şekillerine göre partiküller

Küre şekli (solid sphere)	
Boş küresel kabuğu (hollow sphere)	
Düzensiz şekildeki partikül (solid irregular)	
Kabuk (flake)	
İplik (fiber)	
Yoğunlaşmış flok (condensation floc)	
Küme (aggregate)	

Partikül kirleticiler ayrıca toz, is, sis, duman veya sprey şeklinde sınıflandırılabilir. Çizelge 2.4'te çeşitli partikül halindeki kirleticilerin büyüklükleri ve özellikleri görülmektedir.

Çizelge 2.4. Çeşitli partikül halindeki kirleticilerin büyüklükleri ve özellikleri

Kirletici Adı	Açıklamalar
Tanecik (partikül)	Boyutları 0.0001-50 µm arasında değişen katı ve sıvı kütlelerdir. 10 µm altında olanlar havada askıda kalabilir. Büyük tanecikler ise çökebilir.
Aerosol	Gaz ortamında koloidal büyüklükte dağılmış pozitif veya negatif yüklü yada yüksüz katı veya sıvı taneciklerdir.
Duman	Tam olmayan yanma sonucu oluşan çoğunlukla karbon diğer yanabilen maddeleri içeren parçacıklar olup boyutları 1 µm'den küçüktür.
İs	Karbonlu bileşiklerin tam yanmaması sonucu katran ile yapışarak aglomera olan ve havada dağılan 0.5 µm'den küçük karbon tanecikleridir.
Toz	Gaz ortamında geçici olarak asılı halde bulunan ve boyutları 1-10 µm arasında değişen katı taneciklerdir.
Uçucu kül	Katı yakıtların yakılmasından oluşan 1-200 µm boyutlarında bulunan ve bünyesinde yakıtında yer aldığı yanma gazlarındaki küllerdir.

Sağlık Üzerine Etkileri

PAH, dioksin, furan gibi kanser yapıcı içeren partikül maddeler, sağlık açısından çok tehlikelidir. Birçok farklı partikül madde akciğerdeki nemle bileşerek aside dönüşmektedir. (çinko amonyum sülfat → sülfürik asit). Göz, burun ve solunum yollarını tahriş eder. Astım, bronşit, kardiyovasküler etkilerin görünmesine ve akciğer hasarına neden olur (Kurutaş 2009, Toprak ve ark. 2013).

Çizelge 2.5'te de görüldüğü gibi partikül maddelerin insan vücuduna verdiği etkiler çaplarına göre değişiklik göstermektedir. 2.5 µm'den küçük çaplı partikül maddeler solunum yolu ile akciğere kadar ulaşırlar.

Çizelge 2.5. Partikül boyutu ve solunum sistemi arasındaki ilişki (Kurutaş 2009)

Partikül Boyutu	Solunum Sistemi Arasındaki İlişki
11 µm ve yukarısı	Solunum sistemine girmez.
7-11 µm arası ve yukarısı	Burun içinde tutulur.
4.7-7 µm	Boğazda (yutak) tutulur.
3.3-4.7 µm	Nefes borusu ve ön bronşlarda tutulur.
2.1-3.3 µm	Orta kısımdaki bronşlarda tutulur.
1.1-2.1 µm	En uç bronşlarda tutulur.
0.65-1.1 µm	Solunum borusunda tutulur.
0.43-0.65 µm	Akciğer alveollerinde tutulur.

2.2.2. Uçucu Organik Bileşikler (UOB)

Uçucu organik bileşikler, yapılarında karbon ve hidrojen içeren kimyasallardır. Bazı UOB'lerin karbon atomuna klor, flor, brom ve kükürt atomlarından biri veya birkaçı bağlanabilir. UOB'ler düşük ısıda çok çabuk buharlaşabilirler. En çok bilinen UOB'ler toluen, metilen klorür, metil kloroform, etilen, ksilen, benzen, klorobenzendir.

Organik bileşikler; uçucu organik bileşikler, yarı uçucu organik bileşikler ve uçucu olmayan organik bileşikler olmak üzere üç ana grupta incelenirler. Uçucu organik bileşiklerin kaynama noktaları Çizelge 2.6'da görüldüğü gibi 35-260°C arasında değişmektedir. Düşük kaynama noktaları nedeniyle iç ortam havasında buhar halinde bulunurlar.

Sıcaklık ve havalandırma oranı gibi parametreler uçucu organik bileşiklerin iç ortamdaki konsantrasyonunu etkileyen önemli faktörlerdir. Yapı malzemelerinden kaynaklanan UOB maruziyetini en aza indirmek için iç ortam sıcaklığının 17-28°C aralığında tutulması önerilmektedir. Ayrıca havalandırma oranı arttıkça iç ortamdaki UOB konsantrasyonları düşmektedir (Alyüz ve Veli 2006).

Çizelge 2.6. Bazı uçucu organik bileşiklerin kaynama noktaları ve buhar basınçları (Alyüz ve Veli 2006)

Uçucu Organik Bileşik	Kaynama Noktası (°C)	Buhar Basıncı (mmHg)
Benzen	80.1	95.2 (25°C)
Toluen	111	22 (20°C)
Kloroform	62	160 (20°C)
o-ksilen	144	7(20°C)
1,1,1 Trikloroetan	74.1	10 (20°C)
1,2,4- Trimetilbenzen	169	2.03 (25°C)
p-ksilen	138	9 (20°C)
1,2,4- Trimetilbenzen	136	10 (20°C)
Stiren	145	5 (20°C)
Karbon tetra klorür	76.8	91.3 (20°C)
Dikloro benzen	174	10 (55°C)
Metil klorür	39.8	350 (20°C)
Etilen dibromür	131.5	11.0 (25°C)

İç ortam havasında sıkça rastlanan uçucu organik bileşikler ve kaynakları Çizelge 2.7’de verilmiştir (Alyüz ve Veli 2006).

Çizelge 2.7. İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşiklerin kaynakları

Kaynaklar	UOB kirleticiler
Ticari ürünler	Alifatik hidrokarbonlar (n-dekan, dallanmış alkanlar, aromatik hidrokarbonlar (toluen, ksilen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (metil klorür), alkoller, ketonlar (aseton, metil etil keton), aldehyidler (formaldehit), esterler (glikoleterler), terpenler (limonen, alfa-pinen)
Boyalar	Alifatik hidrokarbonlar (n-hekzan, n-heptan), aromatik hidrokarbonlar (toluen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (metil klorür, propilen diklorür), alkoller, ketonlar (metil etil keton), esterler (etil asetat), eterler (metil eter, etil eter, butil eter)
Yapıştırıcı malzemeler	Alifatik hidrokarbonlar (hekzan, heptan), aromatik hidrokarbonlar, halojenlenmiş hidrokarbonlar, alkoller, aminler, ketonlar (aseton, metil etil keton), esterler (vinil asetat)
Döşeme ve kumaşlar	Aromatik hidrokarbonlar (stiren, bromlanmış aromatikler), halojenlenmiş hidrokarbonlar (vinil klorür), aldehyidler (formaldehit), eterler, esterler.
Yapı malzemeleri	Alifatik hidrokarbonlar (n-dekan, n-dodekan, aromatik hidrokarbonlar (toluen, etil benzen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (vinil klorür), aldehyidler (formaldehit), ketonlar (aseton), eterler, esterler.

Yukarıdaki tablodan da görüldüğü gibi organik kimyasallar; boya, vernik, yapıştırıcı ve inşaat malzemelerinin yapısında bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda bu malzeme ve ürünlerin kullanıldığı binalarda uçucu organik karbon bileşiklerine sıkça rastlanıldığı ortaya konmuştur. Ofis ortamlarında kullanılan yazıcılar ve fotokopi makineleri, iç ortam havası için önemli birer UOB kaynağıdır. Yapılan araştırmalarda, fotokopi çekme işlemi sırasında havaya ozon gazıyla birlikte pek çok uçucu organik bileşiğin yayıldığı belirlenmiştir. Fotokopi işlemleri sırasında yaklaşık 60 farklı UOB türü oluşmaktadır (Alyüz ve Veli 2006).

Uçucu organik bileşikler, ürünlerin kullanımı boyunca buldukları ortama yayılmakta ve ortamda belli miktarda birikim yapabilmektedir. Bu kirleticiler tek başlarına veya öteki kimyasallarla birleşerek çok sayıda yapı malzemesinde ve öteki endüstri ürünleri içinde çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Örneğin, bazı boyalar ve kaplama malzemeleri içinde, koruyucu ve yapıştırıcı, köpük şeklindeki yalıtım malzemelerinin üretiminde yer

almaktadır. Özellikle bazı boya ve preslenmiş ahşap ürünler (parçacıklı levhalar, sert ahşap yünü levhalar ve orta yoğunlukta lif levhalar) gibi üretimlerinde formaldehit kullanılan yapı malzemeleri, genel olarak yüksek uçucu organik bileşikler yaymaktadır. Bu nedenle, özellikle küçük ve yeterli şekilde havalandırılmayan mekânlarda, UOB'lerin düzeyinin yüksek düzeyler olduğu belirtilmektedir. EPA (U.S. Environmental Protection Agency)'nın yapmış olduğu çalışmalarda, insanların bu tür organik içerikli ürünleri kullandıkları zaman, çok yüksek kirlilik düzeyleriyle karşı karşıya kalabildiklerini ve bu kirliliğin bir süre devam edebildiği belirlenmiştir. Yine benzer nitelikli çalışmalar sonucu, böyle uçucu organik bileşiklerin bazı durumlarda, iç ortamlarda dış ortamdakinden 2,5 kat daha fazla bulunabildikleri ortaya çıkmıştır. Özellikle malzemenin yeni ve iç ortam sıcaklığı ile nemin de yüksek olmasıyla uçucu organik bileşiklerin konsantrasyonu yüksek olmakta ancak, yeterli havalandırma yapılarak konsantrasyonu azaltılmaktadır.

Bu tür bileşikleri kontrol etmek için, iç ortamlarda kullanımının en aza indirilmesi veya tamamen kullanmaktan vazgeçilerek, alternatif ürünlerin kullanımı sağlanmalıdır (Yurtseven 2007).

Sağlık Üzerine Etkileri

Kapalı ortamlarda UOB'ler, hayatımızın her alanında kullandığımız eşyalar, evimizde kullanılan yapı malzemeler vs. dolayısı ile sürekli maruz kaldığımız bir kirlenici türü olup, insan sağlığına büyük oranda zararlar vermektedir (Kurutaş 2009).

Benzen, toluen, etilbenzen, ksilen ve stiren yüksek toksisiteleri ile sağlığa en zararlı UOB'lerdir. Düşük konsantrasyonda uyuşukluk, bitkinlik, bellek kaybı, baş ağrısı, cilt ve gözlerde tahrişe neden olur. Kronik hale gelmesi ile kanserojenik etkiler görülür. Çizelge 2.8'de bu kimyasalların toksisite değerleri özetlenmektedir (Alyüz ve Veli 2006). Deney hayvanları üzerinde yapılan araştırmalara göre, bazı uçucu karbon bileşikleri yüksek konsantrasyonlarda kanser riskini artırmaktadırlar. Benzen, vinil klorür, p-dikloro- benzen, kloroform, etilen dibromür, metil klorür ve karbon tetra klorürün tipik konsantrasyonları, 1×10^{-6} olasılığındaki kanser riskini en az 10 kat arttırmaktadır (Yılmaz 2011). Sürekli maruziyette solunum yolu hastalıkları ve astım görülür. Yüksek konsantrasyonda koma ve ölüme neden olur (Alyüz ve Veli 2006, US EPA).

Çizelge 2.8. Bazı uçucu organik bileşikler için toksisite değerleri (US EPA)

Kimyasal	Referans doz (mg/kg/gün)	Kanser faktörü (mg/kg/gün)⁻¹	US EPA kanser sınıflandırması
Benzen	0,004	0,035	A (Kanserojen)
Toluen	0,08	-	-
Etilbenzen	0,1	-	-
Ksilen	0,2	-	-
Stiren	0,2	-	-
Kloroform	0,02	0,02	B2 (Kanserojen olma olasılığı yüksek)

Uçucu organik bileşiklere maruziyet akut ve kronik sağlık etkileri oluşturur. Düşük dozlardaki UOB'ler, astıma ve diğer bazı solunum yolu hastalıklarına sebep olur. İsveç'te yapılan bir araştırmada 20-45 yaşları arasındaki 88 astım hastasında UOB'lere maruziyet ile nefes darlığı şikayetlerinde artış gözlenmiştir.

UOB'ler yüksek konsantrasyonlarda, merkezi sinir sistemi üzerinde narkotik etki yaparlar. Maruziyet aynı zamanda gözlerde ve soluk borusunda tahrişe sebep olur. 8 µg/m³ konsantrasyondaki 22 UOB'ten oluşan karışıma maruziyetten sonra soluk borusu mukozasında bozulmalar görülmüştür (Alyüz ve Veli 2006).

Bazı UOB'ler yüksek konsantrasyonlara ulaştıklarında sinir sistemine ait fonksiyonlarda bozulmalara neden olur. Deneysel bir çalışma sonunda, 25 µg/m³ konsantrasyonda 22 farklı uçucu organik bileşiğe maruz kalan kişilerde uyuşukluk, baş ağrısı ve yorgunluk şikayetlerine rastlanmıştır. Toluen gibi bazı UOB'ler 188 µg/m³ seviyelerinde uyuşukluğa, baş dönmesine ve zihinsel karışıklığa sebep olurlar. Bu şikayetler, kasılmalara, komaya kadar ilerleyebilir ve 35000 µg/m³'ü geçen değerlerde ölüm olayları görülür (Alyüz ve Veli 2006).

2.2.3. Formaldehit

Formaldehit, çevrede en yaygın bulunan aldehittir. Uçucu bir bileşik olmasına rağmen, UOB analizlerinde yaygın olarak kullanılan gaz kromatografisi yöntemleri ile tayin edilemez. Bu sebepten dolayı ayrı olarak incelenirler.

Normal oda sıcaklığında formaldehit keskin kokulu, renksiz bir gazdır. Formaldehidin başlıca kaynakları, kontraplaklar, reçineler, yapıştırıcılar ve döşemeliklerdir . Formaldehit, aynı zamanda binaların dış izolasyonunda kullanılan üre formaldehit köpük isimli malzemenin yapısında da kullanılır. Son yıllarda zemin kaplamada kullanımı gittikçe yaygınlaşan laminant parkeler, iç ortamlarda hem uçucu organik bileşikler hem de formaldehit için önemli bir emisyon kaynağı olarak değerlendirilmektedirler. Yapılan araştırmalar, iç ortam sıcaklığının bu maddelere maruziyet seviyesinde önemli bir faktör olduğunu göstermiştir. Sıcaklığın 23°C'den 40°C'ye yükselmesiyle formaldehit maruziyet faktörünün 5,2 kat arttığı belirlenmiştir (Alyüz ve Veli 2006).

Diğer uçucu bileşiklerde olduğu gibi, iç ortam havasındaki formaldehit konsantrasyonu emisyon kaynağının varlığı ile yakından ilgilidir. Formaldehidin dış hava ortamındaki konsantrasyonu genellikle 123 µg/m³'den düşüktür. İç hava ortamında formaldehit emisyon oranı, sıcaklık ve nem koşullarına bağlı olarak değişmektedir. İç ortamdaki konsantrasyonu, genellikle dış ortama göre yüksektir.

Sağlık Üzerine Etkileri

Formaldehidin zararlı etkilerine solunum ya da direkt temas yoluyla maruz kalınır. Bu bileşiğin akut sağlık etkileri Çizelge 2.9'da verilmiştir.

Çizelge 2.9. Formaldehit maruziyetinin akut sağlık etkileri (Alyüz ve Veli 2006)

Formaldehit konsantrasyonu (µg/m ³)	Sağlık etkisi
<67	Belirsiz
67-2000	Nöropsikolojik etkiler
67-1337	Koku eşik limiti
13-2674	Göz tahrişi
134-33425	Üst solunum yollarının tahrişi
6685-40110	Alt solunum yollarının tahrişi ve akciğerler üzerinde etki
66850-133700	Akciğerlerde ödem, iltihaplanma, zatürree
>137000	Koma ve ölüm

1,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin altındaki maruziyetler, hapşırmaya, öksürüğe ve az miktarda da olsa göz tahribatına neden olur. Bu semptomlar genellikle maruziyetin başlangıç evresinde görülür. Çok sayıda çalışma, formaldehit buharının deriyi ve soluk borusunu tahriş ettiğini göstermiştir.

Formaldehit buharı, hayvanlar üzerinde kanserojenik etkiler göstermiştir. Yapılan deneysel çalışmalar, iç ortam havasında bulunan formaldehit buharına maruziyet ile kanser arasında belirgin bir korelasyon olduğunu ortaya koymuştur.

2.2.4. Karbonmonoksit (CO)

Karbonmonoksit (CO) karbon atomu içeren maddelerin tamamlanamayan yanmalar sonucu meydana gelen renksiz, kokusuz, öldürücü özelliği olan tehlikeli bir gazdır (Motör 2011).

CO hem kaynaklandığı nokta etrafında iyi dağılmayan hem de varlığı kolay fark edilmeyen bir gazdır. Özgül ağırlığı $1.255 \text{ kg}/\text{m}^3$ olup, havanınkine çok yakındır. Ortam havasıyla %13-75 oranlarındaki CO karışımı patlayıcı özellikte olup, en tehlikeli olan patlayıcı yoğunluğu %30 oranlarındadır. Karbonmonoksit, kapalı ortamlar ve dış hava ortamları için hava kirletici özelliğe sahip bir gazdır. Kapalı ortamlarda CO kaynakları olarak gösterilenler, yapı içindeki şömineler, havalandırması yetersiz kerosen ısıtıcılar, gaz sobaları, fosil yakıt yakılan sobalar, ocaklar ve şofbenler, gaz ocakları, kapalı ortamlarda içilen sigara dumanıdır. Çevrede ve kapalı garajlarda çalıştırılan araçlardan çıkan egzoz dumanlarının bina içine girmesi de iç ortamda karbonmonoksit gazının artmasına neden olmaktadır (Coşgun 2008, Alptekin 2007, Motör 2011).

Normal bir yanma sonucu oluşan dumanlarda % 0.2 kadar CO gazı bulunmaktadır. Bu miktar, baca çevresinde % 5 civarına çıkar ve çok çabuk dağılır. Egzoz gazlarında CO gazı % 5-10 oranlarında bulunurken hava gazında ortalama % 20 oranında bulunduğu görülmektedir (Motör 2011).

Sanayi kuruluşlarında sağlıklı bir işçinin çalışma ortamında bulunabilecek maksimum karbonmonoksit konsantrasyonu $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dür. $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük konsantrasyona 4 saat maruz kalan bir kimse ölebilir (Coşgun 2008).

Sağlık Üzerine Etkileri

Karbonmonoksit düşük konsantrasyonlarda olsa bile oluşturduğu sağlık etkilerini görmek mümkün olabilmektedir. Karbonmonoksit vücuda solunum yolu ile girer, vücutta parçalanmaz, solunum yolu ile dışarı atılır. Sağlıklı insanlarda düşük konsantrasyonlardaki maruziyet sonucu yorgunluğa ve kalp hastalarında göğüs ağrılarına neden olabilmektedir. Yüksek konsantrasyonlarda ise görme duyusunun ve iletişimin azalmasına yol açmakla beraber; baş ağrıları, baş dönmesi, dengesizlik ve mide bulantısı gibi şikâyetlerin de olduğu tespit edilmiştir. Daha yüksek konsantrasyonlarda ölümcül sonuçlar doğurduğu yapılan araştırmalarda görülmüştür.

Karbonmonoksit zehirlenmesi, kanda hemoglobinle (kanda oksijen taşıyan eritrositlerin (kırmızı kan hücrelerinin) içerisinde bulunan bir madde) oksijene göre çok daha fazla (300 kat) birleşerek karboksihemoglobini oluşturur ve oksijen taşınmasını engeller. Hemoglobinin %20'si CO-Hb'ye dönüştükten sonra baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı, kusma, kan basıncı yükselmesi, bazen pektanjinöz yakınmalar, kulak çınlaması, dalgınlık, genel bitkinlik, bazen kas krampları, ciltte kiraz kırmızısı renk, bilinç kaybı (% 50 CO-Hb oluşumunda), ölüm (% 60-70 CO-Hb oluşumunda) meydana gelir. CO boğulma, iş gücünün azalması, baş ağrısı, kalp ve akciğer fonksiyonlarını olumsuz etkiler (Kurutaş 2009).

2.2.5. Ozon (O₃)

Ozon, üç adet oksijen atomundan oluşan, zehirli, renksiz, atmosferin üst seviyelerinde ve yeryüzüne yakın kısımlarda bulunan bir gazdır. Atmosferdeki ozon tabakasının incelmeye insan sağlığı ve tabiat için zararlı olurken, yeryüzüne yakın seviyede ise ozon miktarının fazla olması canlılara zarar vermektedir. Ozon gazı, çevreye motorlu taşıtlardan, termik santrallerden, rafinerilerden, kimyasal fabrikalardan, fotokopi makinalarından, parfüm ve deodorantlardan yayılmaktadır.

Ozon, hidrokarbonlarla reaksiyona girerek sırasıyla, aldehitler, organik asitler ve epoksi bileşikler gibi bir seri bileşiği oluşturur. (Yurtseven 2007, Vesilind ve ark 2011)

Sağlık Üzerine Etkileri

Maruz kalındığında gözleri, burnu ve boğazı tahriş ederek solunum sistemini tahrip eder. Bir gramın iki yüzde biri miktarda ozon almak öldürücü olabilir. Ozon

konsantrasyonunun artması sonucu, solunum yoluyla vücuda girerek akciğerlere zarar verebilmektedir (Kurutaş 2009).

2.2.6. Kükürtdioksit (SO₂)

Havadaki kükürt oksitler (SO_x) içerisinde en önemli payı kükürtdioksitler (SO₂) oluşturur. Bu gaz yanmayan bir madde olup ağızda karakteristik bir tat bırakmakta ve boğucu bir hisse yol açmaktadır.

SO₂ renksiz, keskin kokulu, reaktif, boğucu, asidik bir gaz olup kömür, fuel-oil gibi kükürt içeren yakıtların yanması sırasında, metal ergitme işlemleri ve diğer endüstriyel işlemler sonucu oluşmaktadır. Ana kaynakları, termik santraller ve endüstriyel kazanlardır. Genel olarak, en yüksek SO₂ konsantrasyonları, büyük endüstriyel kaynakların yakınında gözlenmektedir. SO₂ havalandırma yoluyla dış ortamdaki konsantrasyonun sızmasıyla kapalı ortama girmektedir. Ev içerisinde yanan gazyağı sobaları, ya da gaz ocakları kükürt dioksitin oluşumunda çok etkili olabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu 1994, Yurtseven 2007).

Kükürtdioksit konsantrasyonunu azaltmak için fosil yakıt kullanımını en aza indirmek için alternatif enerji kaynaklarını kullanmaktır (Yurtseven 2007).

Sağlık Üzerine Etkileri

Kükürtdioksit zehirli bir gazdır, astımlı kişiler ve çocuklar diğerlerine göre daha duyarlıdır. 0,75 ppm veya altındaki değerlerde bile hafif astımlı kişilerde hava yolu direnci iki katına çıktığı belirlenmiştir. Hırıltılı solunum, göğüs sıkışması ve kesik nefes almaya sebep olur. Uzun süreli maruziyet solunum ve kalp hastalıklarına sebep olur (Güler ve Çobanoğlu 1994, Yurtseven 2007).

SO₂ gazının insanlar için sınır değer olarak belirtilen dozu, bir saat maruz kalmada hacim olarak milyonda 1'dir. 8 saat maruz kalmada ise, milyonda 0,3'tür. SO₂ gazının milyonda 10 kısım olması ve 8 saatlik maruz kalınması durumu zehirleyici doz olarak belirtilmektedir (Motör 2011).

DSÖ tarafından halk sağlığının korunabilmesi amacıyla belirlenen SO₂ gazı yoğunluğunun 10 dakikalık maruziyette 500 µg/m³ sınır değerini aşmaması gerektiği belirtilmektedir. Yapılan hesaplamalarda bu sınır değer 1 saatlik maruz kalma için ortalama

olarak 350 µg/m³ değerine denk geldiği belirtilmiştir. AB standartlarında da 130 µg/m³ limit değer olarak belirlenmiştir (Motör 2011).

2.2.7. Azot Oksitler (NO_x)

Azot oksitlerin en çok bulunan ve yüksek konsantrasyonlardaki türleri azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO₂)'tir . Atmosferde oldukça yaygın olarak bulunan NO₂, güçlü bir oksidanttır, fotokimyasal sis oluşumunda temel bileşendir (Vesilind ve ark 2011).

Azot oksitler (NO_x) yüksek sıcaklıklarda (1200 °C) oluşan oldukça reaktif gazlardır. Çevre havasında bulunan yedi farklı azot oksit (NO, NO₂, N₂O, NO₃, N₂O₃, N₂O₄ ve N₂O₅) bulunur ve bunlara ilaveten, HNO₃ ve çeşitli organik azot türleri örneğin PAN, diğer organik azotlar ve yükseltgenmiş azot bileşikleri içeren partiküller (özellikle absorblanmış nitrik asit) sayılabilir.

İç ortam kaynaklarının bulunmadığı zamanlarda NO₂ seviyesi, dış ortamda bulunan NO₂ ve havalandırma hızına bağlıdır. NO₂ kaynaklarının mevcut olduğu durumlarda iç ortam NO₂ dış ortam NO₂'den fazla olabilir ve iç/dış dış ortam konsantrasyonu 0.4 ve 0.8 arasında gözlenir. Gaz ile çalışan ev aletlerinin olduğu evlerde bu oran 3 katına kadar çıkabilmektedir (Tecer ve ark 2012).

Sağlık Üzerine Etkileri

NO_x'ler akciğerin mukoza zarı üzerinde tahriş edici olabilir. NO₂ maruziyeti ciğerlerde tahribata neden olmaktadır. Göz tahrişine, solunum yolu rahatsızlıklarına, astımın şiddetlenmesine, kronik solunum yolu hastalıklarına sebep olurlar.

Azot monoksit ve azot dioksit gibi yanma sonucu oluşan gazlar, mukoz membranlarda irritasyon, kronik akciğer hastalığı, astım ve 150 ppm'in üzerindeki konsantrasyonlarda ölümlere yol açmaktadır (Tecer ve ark 2012).

2.2.8. Kurşun (Pb)

Civa, kurşun, kadmiyum gibi ağır metaller oldukça zehirlidir. Kurşun, en genel ağır metal kirleticisi olup birikim gösteren bir zehirdir. Kurşun mavimsi veya gümüş grisi rengine yumuşak bir metal türüdür. Kapalı ortamlarda en çok bulunan ağır metal kurşundur. Fotokopi makineleri, yazıcılar, kurşunlu maddelerle kaynak, iç ortama kurşun yaymaktadır (Coşkun 2012, Alptekin 2007, Haksevenler 2010).

En büyük kaynağı kurşunlu yakıt kullanan motorlu taşıt emisyonlarıdır. Boya üretim tesisleri gibi bazı sanayi kuruluşlarında kullanılan kurşunlu boyar maddeler iç ortam havasında bulunabilir. Yapılarda kullanılan kurşun bazlı boyalar, eskimiş su boruları, lehim yapma, cam boyama gibi aktiviteler, içme suları, yiyecekler, toprak ve tozlarda ortamdaki kurşun konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır (Alptekin 2007, Kuş 2007).

Sağlık Üzerine Etkileri

Kanda 80 µg/dL kurşun bulunması komaya, hatta ölümlere neden olabilmektedir. 10 µg/dL düzeyindeki kurşunun zihin ve beden gelişimini zayıflattığı belirtilmektedir. Düşük seviyedeki kurşun ise böbrek, kan hücreleri ve merkezi sinir sistemine etki etmektedir (Alptekin 2007).

2.3. Konfor Parametreleri

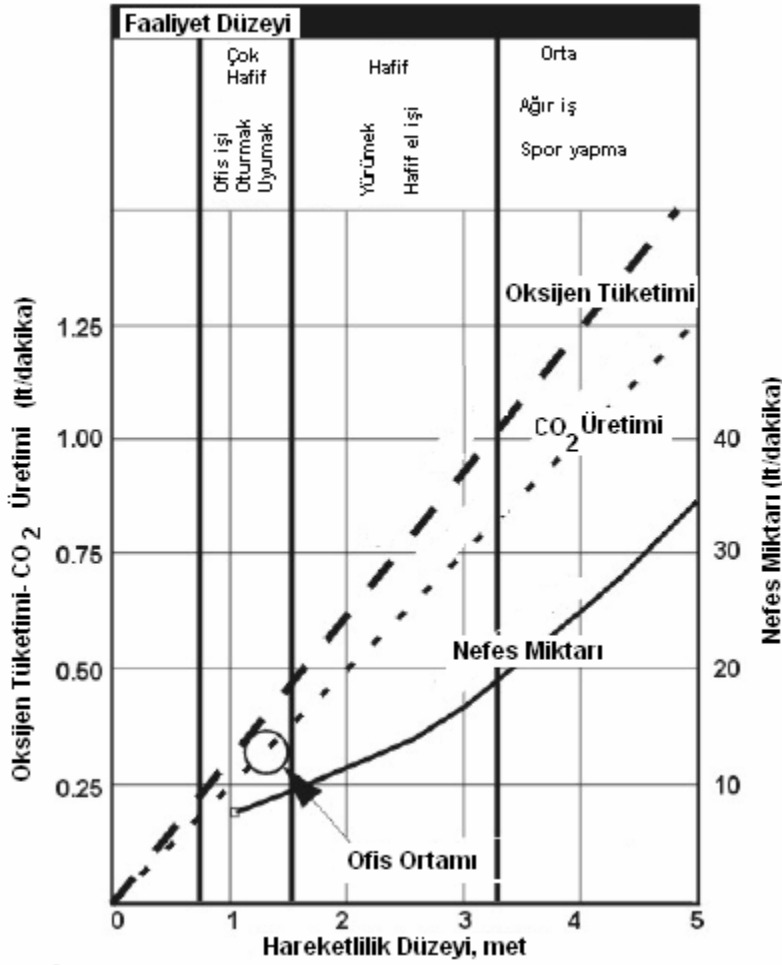
2.3.1. Karbondioksit (CO₂)

Karbondioksit (CO₂) renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır, atmosferin doğal bileşenidir. Karbonun tam yanma ürünüdür. CO₂ iç hava kalitesini kontrol etmek için önerilen önemli bir parametredir. Normal şartlarda atmosfer havasının hacimsel olarak %0.03'ü CO₂'dir. Dış ortam havasında bulunan CO₂, çevre özelliklerine göre 330 ile 500 ppm arasında değişmektedir. Dolayısıyla iç ortamda CO₂'in olmaması mümkün değildir (Kurutaş 2009, ASHRAE 2003)

İnsanlar nefes alıp vermeleri ile iç ortama CO₂ verirler. Normal bir iş ile uğraşan bir insan saatte 20 litre (0.02 m³) CO₂ üretir. Bu yüzden iç ortamda havalandırma yapılmazsa insan sayısı artıkça, CO₂ derişimi artar. İnsanlardan mahal havasına aktarılan CO₂ gazı miktarı, meşguliyet durumlarına göre değişebilir. Çizelge 2.10'da insanların meşguliyet durumlarına göre havaya verdikleri CO₂ miktarları verilmiştir. Şekil 2.2'de ise faaliyet (hareketlilik) düzeyine göre nefes alma miktarı, oksijen tüketimi ve CO₂ üretim miktarının değişimi verilmiştir. Şekilden CO₂ üretiminin ve nefes alma miktarının metabolik aktiviteye bağlı olduğu görülmektedir (1 met= 58 W/m²) (Bulut 2011).

Çizelge 2.10. İnsanların meşguliyet durumlarına göre havaya verdikleri CO₂ miktarı (Bulut 2011)

Durum	Faaliyet derecesi	CO ₂ veriş miktarı (litre/saat)
Oturan	I	15
Elle hafif iş yapma	II	23
Elle iş yapma veya yavaş yürüme	III	30
Ağır iş yapma veya hızlı yürüme	IV	30



Şekil 2.2. Faaliyet düzeyine göre nefes alma miktarı, oksijen tüketimi ve CO₂ üretim miktarının değişimi (Bulut 2011)

ASHRAE'nin 62-1989 no'lu standardı 1000 ppm değerini karbondioksit için konfor üst sınırı olarak belirlemiştir. 1000 ppm CO₂ miktarı, Pettenkofer sayısı olarak da bilinmektedir.

CO₂ zehirli bir gaz değildir fakat oksijensizlikten boğma tehlikesi ortaya çıkarabilir. Konsantrasyon değeri 35000 ppm'i geçtiğinde, merkezi nefes sinir alıcıları tetiklenir ve nefes alma noksanlığına sebep olur. Daha yüksek konsantrasyonlarda oksijen azlığından dolayı merkezi sinir sistemi görevini yapamamaya başlar (ASHRAE 2003).

2.3.2. Sıcaklık ve Nem

Konforlu ve sağlıklı yaşamın en önemli parametrelerinden birisidir. Normalin üzerindeki nemli ve sıcak hava, sıkıntı, bunaltı veren havadır. Çok yüksek ya da çok düşük sıcaklık, nem, yetersiz havalandırma, o ortamda çalışan işçileri rahat olmayan konforsuz bir ortamda çalışmaya zorlar, ayrıca hastalık ve iş kazası riskini daha da artırır (Motör 2011).

Fazla ısı çalışmada uyuşukluk ve verimin düşmesine, düşük ısı da dikkatin dağılmasıyla birlikte verim düşüklüğüne neden olmaktadır. Düşük nemli ortam havasında ise burun ve ağızda kuruluk görülür (Haksevenler 2010, Coşgun 2012).

Amerikan ısıtma, soğutma ve iklimlendirme mühendisleri birliği (The American Society for Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers, ASHRAE) 'nin rehberlerine göre (ASHRAE Standard 55-1992), sıcaklık ve nem aralıklarının kişilerin %90 ve üzerinin rahat buldukları düzeyde tutulmasını önermektedir. ASHRAE tarafından önerilen sıcaklık değerleri yaz-kış arasında değişiklik göstermekle birlikte rölatif nemin %30-60 arasında tutulması önerilmektedir. Yazın kabul edilebilir sıcaklık sınırları 23,3-26,6°C (%30 rölatif nem için), kışın ise 20,6-24,4° C (%60 rölatif nem için) olarak bildirilmektedir. Yüzde 30'un altındaki rölatif nem; göz, deri, müköz membranlarda kurumaya neden olduğundan, %60'ın üzerinde ise patojenik veya alerjenik mikroorganizmaların çoğalmasını artırdığından önerilmemektedir (Coşgun 2012).

Sıcağın fiziksel ve zihinsel aktivite üzerine etkisi 30°C'den itibaren başlamaktadır. 30°C'de % 5 olan verimlilik kaybı 32°C'de % 30 civarlarına kadar yükselmektedir. 34°C'den itibaren rahatsızlık belirtileri başlar. Kas kuvveti azalır, nabız hızlanır ve sıkıntılı bir nefes darlığı tablosu oluşur. Baş ağrısı, rahatsızlık hissi, mide sorunları, iştah azlığı, kusmalar, ishal, sinirlilik, uykusuzluk en çok görülen belirtilerdir. Daha ileri durumlarda ölüme bile sonuçlanabilir (Motör 2011).

2.4. İç Hava Kalitesinde Yapı Malzemelerinin Rolü

Yapı ve çevre karşılıklı etkileşim içerisinde. İnsanların barınma gereksinimi karşılanırken, aynı zamanda yapı içinde sağlıkları için uygun koşullar oluşturulmalıdır. Bazı yapı malzemeleri, çeşitli özellikleri nedeniyle ortama gaz veya parçacık halinde kirleticiler yayarak, iç ortam havasını olumsuz yönde etkilemektedir.

Yapı içindeki koşullara bağlı olarak insanlarda görülen sorunlar Hasta Bina Sendromu (Sick Building Syndrome) ve Yapıyla Bağlantılı Rahatsızlıklar (Building Related Illness) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bu olumsuz koşulların oluşturduğu sağlık problemleri Çizelge 2.11’de gösterilmektedir (Yurtseven 2007).

Çizelge 2.11. Yapı içindeki koşullara bağlı olarak insanlarda görülen sorunlar (Yurtseven 2007)

Hasta Bina Sendromu	Yapıyla Bağlantılı Hastalıklar
Baş ağrısı Göz, burun ve boğazda tahriş, kızarıklık, çok sıklıkla enfeksiyon ve kuru öksürük Hırıltılı nefes alma, ses kısıklığı, ciltta kaşıntı veya kuruma Baş dönmesi ve mide bulantısı Konsantrasyonda güçlük, yorgunluk Kokulara karşı hassasiyet	Öksürük Nefes darlığı Ateş Üşüme Kas ağrıları
Belirtileri nedeni tam olarak bilinmiyor. Şikayetlerin çoğu yapıdan ayrıldıktan sonra azalıyor veya yok oluyor.	Belirtiler klinik olarak tanımlanabiliyor ve nedenleri kesin olarak teşhis edilebiliyor. Şikayetler yapıdan ayrıldıktan sonra da devam ediyor.

Hasta bina sendromu belirli bir iç ortamdayken ortaya çıkan, o ortam terk edildikten sonra kaybolan ve binada yaşayan kişilerin çoğunluğunu etkileyen semptomlar dizisidir. İş verimliliği üzerinde de etki oluşturması açısından önem taşımaktadır.

Hasta bina sendromuna neden olan faktörler, kişisel (yaş, cinsiyet, kişide var olan hastalıklar, meslek, sigara kullanımı, çocuklukta çevresel maruziyet), mikrobiyolojik (biyoaerosollar), kimyasal (CO₂ konsantrasyonu, UOB), fiziksel (havalandırma sistemleri ve havalandırma oranı, evle ilgili faktörler, iç ortam sıcaklığı ve bağıl nem, duvardan duvara halı ve psikolojik faktörlerdir (Zeydan ve ark 2009).

Yapıyla bağlantılı hastalıkları, Hasta Bina Sendromundan ayıran en önemli fark, belirtilerinin klinik olarak tanımlanabilmesi ve nedenlerinin açıkça belli olmasıdır. Yapıyla bağlantılı hastalıklar grubuna giren şikâyetler, Hasta Bina Sendromu rahatsızlıklarının tersine, kullanıcının yapıyı terk etmesinden sonra da sürmektedir. Bu bakımdan yapıyla bağlantılı hastalıklar insan sağlığı açısından çok daha önemlidir. (Yurtseven 2007)

2.5. İç Ortam Hava Kalitesi Standartları

Uluslararası Standartlar

ASHRAE'nin 62-1989 no'lu standardı karbondioksit için konfor üst sınırı olarak 1000 ppm değerini belirlemiştir. Eğer CO₂ miktarı 1000 ppm seviyesinden düşük ise iç ortamdaki hava, kabul edilebilir iç hava kalitesindedir. 1000 ppm CO₂ miktarı, Pettenkofer sayısı olarak da bilinmektedir. Bu standart değer adalet binaları ve eğitim kurumları için de kullanılabilir ve bu değer aşılması gerekir. Kabul edilebilir iç hava kalitesi oluşturmak için CO₂ hissedicileri havalandırma sistemleri ile kullanılarak, gerekli temiz dış hava iç ortama sevk edilmektedir.

Uluslararası İç Hava Kalitesi Standartları / İş Sağlığı Standartları PM_{2.5} için 8 saatlik ortalama olarak Amerika Birleşik Devletleri İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetimi (OSHA) tarafından 5000 µg/m³, Devlet Endüstriyel Hijyen Uzmanları Amerikan Konseyi (ACGIH) tarafından 3000 µg/m³ olarak belirlenmiştir. Çizelge 2.12'de bazı kirleticiler için yayınlanmış olan iç hava kalitesi uluslararası sınır değerleri (EPA, ACGIH, Health Canada) ve iş sağlığı sınır değerleri (OSHA) verilmiştir (Toprak ve ark 2013).

Çizelge 2.12. Uluslararası iç hava kalitesi / iş sağlığı standartları ve rehber sınır değerleri
(Toprak ve ark 2013)

	Limit Değerler	Ortalama Zaman	Kaynak
PM _{2.5} (µg/m ³)	65	24 saat	EPA
	5000	8 saat	OSHA
	3000	8 saat	ACGIH
	100	1 saat	HC
PM ₁₀ (µg/m ³)	150	24 saat	EPA
	100	1 saat	Health Canada
	20/180	8 saat	Hong Kong
	10000	8 saat	ACGIH
TUOB (µg/m ³)	87/261 (ppb)	8 saat	Hong Kong
	200/600	8 saat	Hong Kong
	300	8 saat	EC
	600/3000	8 saat	HKEPD
CO ₂ (ppm)	800/1000	8 saat	Hong Kong
	5000	8 saat	OSHA, NIOSH, ACGIH
	10000	1 saat	DFG

Türkiye’deki Standartlar

İç ortam hava kalitesi ile ilgili ülkemizde mevzuatlar, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından oluşturulmaktadır. İç ortam havasında bulunabilecek kirleticiler ile ilgili sınır değerler aşağıda verilen yönetmeliklerle belirlenmiştir.

İşyerinde bulunan, kullanılan veya herhangi bir şekilde işlem gören kimyasal maddelerin etkilerinden kaynaklanan mevcut veya ortaya çıkması muhtemel risklerden çalışanların sağlığını korumak ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak için asgari şartları belirlemek amacıyla Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından 12.08.2013 tarihinde Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik yayınlanmıştır. Kimyasal maddelerin bulunduğu, kullanıldığı veya herhangi bir şekilde işlem gördüğü tüm işyerlerinde uygulanır. İşyerinde bulunan kanserojen ve mutajen maddeler ile ilgili olarak bu Yönetmelik hükümleri de uygulanır. Bu çalışmada incelenen UOB’ler ile ilgili sınır değerler Çizelge 2.13’te “Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri” tablosunda verilmiştir.

Çizelge 2.13. Mesleki maruziyet sınır değerleri

CAS	Maddenin Adı	Sınır Değer				Özel İşaret
		TWA (8 Saat)		STEL (15 Dak.)		
		mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	
	İnorganik kurşun ve bileşikleri	0,15	-	-	-	-
71-55-6	1,1,1-Trikloroetan	555	100	1110	200	-
75-34-3	1,1-Dikloroetan	412	100	-	-	Deri
95-47-6	o-Ksilen	221	50	442	100	Deri
95-50-1	1,2-Diklorobenzen	122	20	306	50	Deri
95-63-6	1,2,4-Trimetilbenzen	100	20	-	-	-
100-41-4	Etilbenzen	442	100	884	200	Deri
106-42-3	p-Ksilen	221	50	442	100	Deri
106-46-7	1,4-Diklorobenzen	122	20	306	50	-
108-38-3	m-Ksilen	221	50	442	100	Deri
108-88-3	Toluen	192	50	384	100	Deri
124-38-9	Karbondioksit	9000	5000	-	-	-
1330-20-7	Ksilen (karışım izomerleri, saf)	221	50	442	100	Deri

06.08.2013 tarih ve 28730 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “Kanserojen veya Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik” çalışanların kanserojen veya mutajen maddelere maruziyetinden kaynaklanabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden korunması için bu maddelere maruziyetin önlenmesi ve sınır değerler de dâhil olmak üzere asgari gerekliliklerin belirlenmesidir. Bu çalışmada incelenen UOB’ler ile ilgili sınır değerler Çizelge 2.14’te “Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri” tablosunda verilmiştir.

Çizelge 2.14. Mesleki maruziyet sınır değerleri

Maddenin Adı	CAS	Sınır Değerler		Açıklama
		mg/ m ³	ppm	
Benzen	71-43-2	3.25	1	Deri

İşyerlerinde tozdan kaynaklı ortaya çıkabilecek risklerin önlenmesi amacıyla iş sağlığı ve güvenliği yönünden tozla mücadele etmek ve bu işlerde çalışanların tozun etkilerinden korunmalarını sağlamak için alınması gerekli tedbirlere dair usul ve esasları belirlemek amacıyla Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından 5.11.2013 tarihli Tozla Mücadele Yönetmeliği yayınlanmıştır. Bu Yönetmelik, çalışanların yaptıkları işlerden dolayı toz maruziyetinin olabileceği işyerlerinde uygulanır. Tozlar için mesleki maruziyet sınır değerleri, aşağıda yer alan Çizelge 2.15'te belirtilen değerlerin üstünde olamaz.

Çizelge 2.15. Tozlar için mesleki maruziyet sınır değerleri

Parametre	Sınır Değer (mg/ m³)
Toplam Toz	15
Solunabilir Kısım	5

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

Çalışma, Tekirdağ ilinde bulunan, solvent bazlı oto tamir boya ve sanayi boya imalatı yapan bir boya fabrikasında yapılmıştır. İşletmede toplam 58 kişi çalışmaktadır, 10 kişi idari personel, 48 kişi ise üretim, dolum, sprey fırını, laboratuvar ve depo-sevkiyat bölümünde çalışmaktadır.

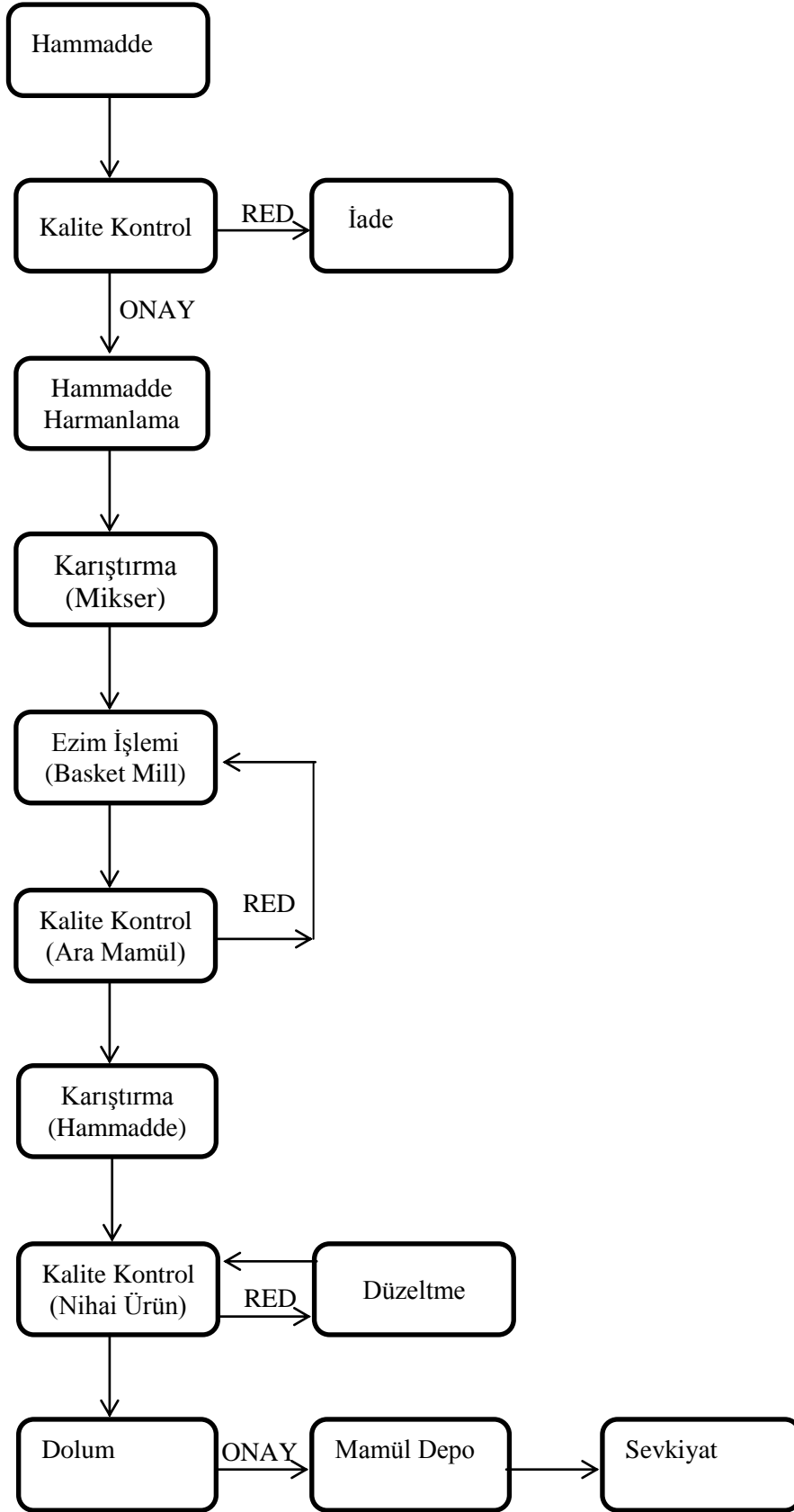
Prosesle enerji olarak elektrik, ısınma amaçlı ise doğalgaz kullanılmaktadır. İşletmenin çalışma şekli sürekli ve tek vardiyadır, çalışma saatleri 08:30-18:30'dur. İşletmenin yıllık üretim kapasitesi 7500 ton/yıl olup, solvent bazlı oto tamir boya, astar, macun, tiner, vernik, oto pastası, cila, sanayi boya üretilmektedir. İşletmede kullanılan hammaddeler; organik çözücüler, pigmentler, bağlayıcılar, katkı maddeleri ve dolgu maddeleridir.

3.1.1. Boya Üretim Prosesi ve Akım Şeması

Boya ve Astar Üretim Prosesi

Tesise getirilen hammaddeler, kalite kontrol bölümünün onayından sonra sınıflarına göre ayrıldıktan sonra hammadde deposunda uygun şekilde depolanır. Uygun olmayan hammaddeler ise üretici firmaya iade edilir. Boya ve astar üretimi için; hammaddeler (reçine, solvent, pigment, dolgu maddeleri ve katkı maddeleri) kazan içerisine alınır, formül oranlarında karıştırılarak harmanlama işlemi yapılır. Mikserde tam karışım sağlandıktan sonra basket mill makinalarına alınan karışım burada ezim işlemine tabi tutulur. Kalite kontrol bölümü tarafından ara ürünün ezim değeri kontrol edilir ve onay alan ürün nihai ürün tanklarına alınarak formüldeki miktarlara göre reçine, katkı maddeleri, solvent gibi diğer hammaddeler eklenerek mikserleme işlemi yapılır.

Mikserde karışan son mamul kalite kontrol onayından geçirilerek tartılı dolum makinelerinde ürün gramajına göre çeşitli ambalajlara dolum işlemi yapılır. Paketlenmiş olan son ürün, mamül depoya gönderilir ve oradan da sevkiyatı yapılır (Şekil 3.1).

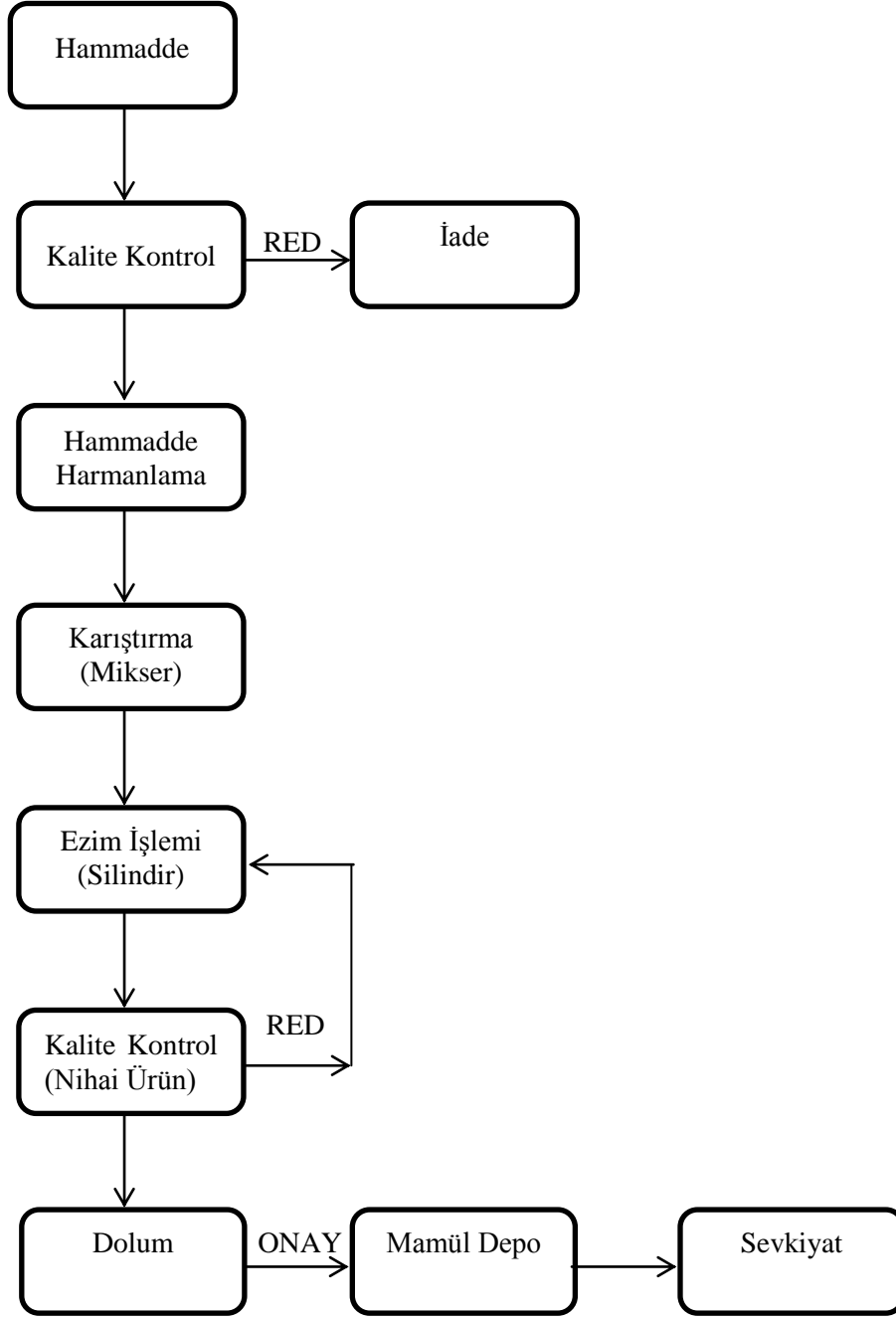


Şekil 3.1. Boya ve astar üretimi iş akış şeması

Macun ve Oto Pasta Üretim Prosesi

Macun ve oto pasta üretimi için; ürün reçetesinde belirtilen hammaddeler (reçine, pigment, dolgu maddeleri, solvent ve katkı maddeleri) kazan içerisine alınarak formül oranlarında harmanlanır. Mikserde karıştırma işlemine tabi tutularak homojen bir karışım sağlandıktan sonra bazı macun çeşitleri ezme makinasına (silindir) alınarak burada ezilir. Kalite kontrol departmanı tarafından ezim kontrolü yapılan ürün onay aldıktan sonra diğer kontroller de yapıldıktan sonra doluma gönderilir. Bazı macun çeşitleri ve oto pastası, ezim işlemine tabi tutulmadan mikserde karıştırılarak son ürün elde edilir. Mikserde karışan son mamul kalite kontrolden geçirilerek tartılı dolum makinelerinde ambalajlara doldurulur.

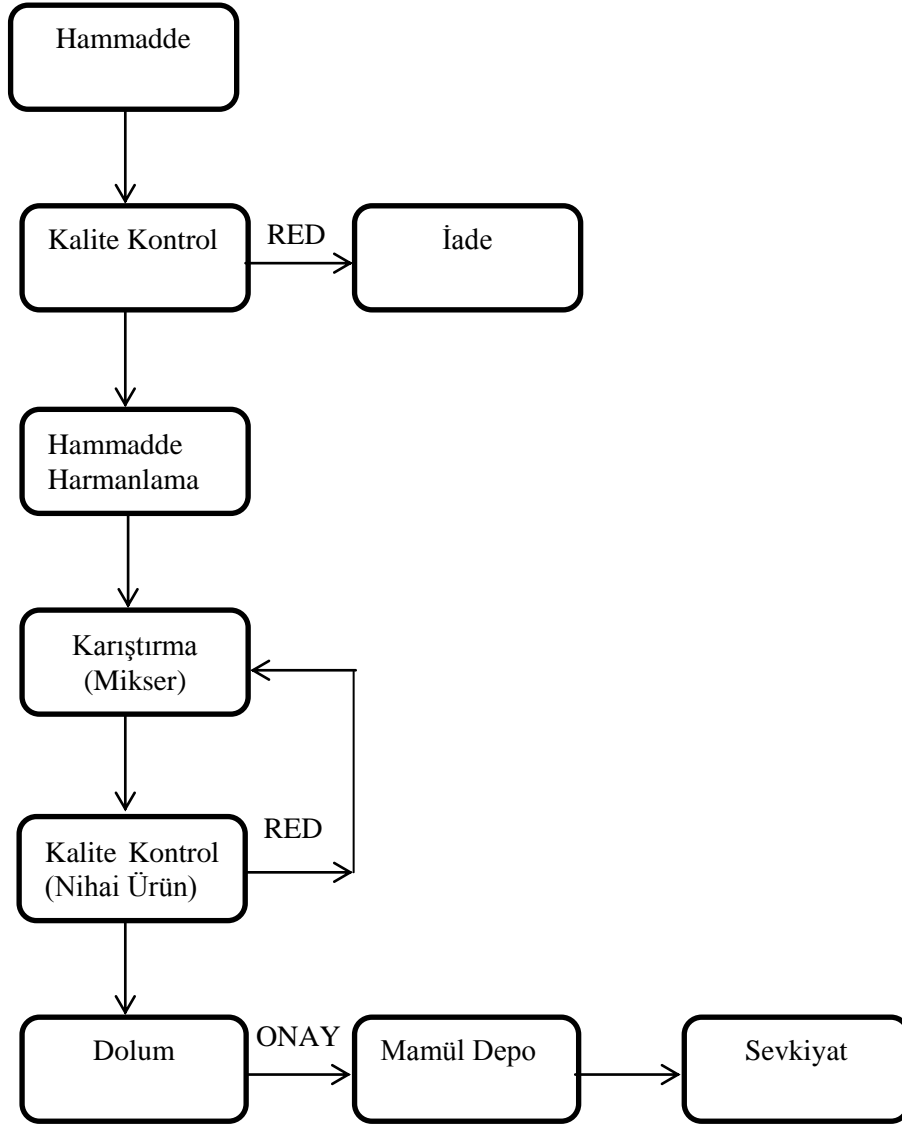
Paketlenmiş olan son ürün, mamül depoya gönderilir ve oradan da sevkiyatı yapılır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Macun ve oto pasta üretimi iş akış şeması

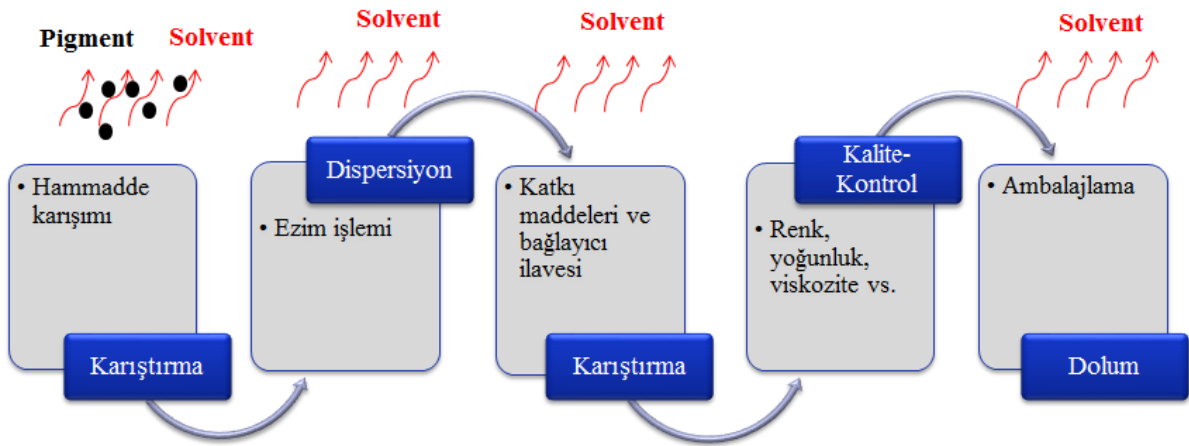
Vernik, Sertleştirici ve Tiner Üretim Prosesi

Ürün reçetesinde belirtilen hammaddeler, depodan alınarak kazan içerisinde formül oranlarında karıştırılır. Homejen bir karışım oluncaya kadar ürün mikserlenir. Nihai ürün, kalite kontrol bölümünün onayından sonra tartılı dolum makinelerinde ürün gramajına göre çeşitli ambalajlara doldurulur. Paketlenmiş olan son ürün, mamül depoya gönderilip oradan da sevkiyat yapılır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Vernik, sertleştirici ve tiner üretimi iş akış şeması

Boya üretim prosesinde, reçine, pigment, katkı maddelerinin kazan içerisine alınarak formül oranlarında karıştırılması işlemi sırasında ortamda oluşan hava kirleticiler; uçucu organik bileşikler (UOB) ve partikül maddelerdir. Ezim, renk ayarlama ve dolum bölümlerinde ise iç ortam hava kirletici UOB'dir. Aşağıdaki Şekil 3.4'te gösterildiği gibi karıştırma, dispersiyon ve dolum işlemlerinde çözücülerden kaynaklı, uçucu organik bileşikler, hammadde karışım bölümünde ise pigment ve dolgu maddelerinden kaynaklı partikül madde oluşmaktadır.



Şekil 3.4. Boya üretimi sırasında ortamda hava kirleticiler

3.1.2. Boya Bileşenleri

Boyayı oluşturan bileşenler aşağıdaki gibidir.

- Bağlayıcılar
- Pigmentler
- Dolgu maddeleri
- Kimyasal katkıları
- Çözücüler

Bağlayıcılar

Boyanın ana maddelerinden olup, pigment ve dolgu maddelerini de bağlayarak boya tabakasını oluşturan maddeleri, boyanın karakterini ve niteliğini belirler. Bağlayıcı, boyanın temel direği olup, tipine göre, boyaya ismini verir.

Pigmentler

Boyada renk, örtücülük ve parlaklık özelliklerini sağlayan, bağlayıcı ve çözücülerde çözünmeyen katı maddelere pigment denir.

- İnorganik pigmentler (titanyumdioksit, demir oksit, kurşun kromat): Partikül boyutları $<1\mu\text{m}$ 'dir.
- Organik pigmentler (Phathalo cyanine): Partikül boyutları $<1\mu\text{m}$ 'dir.
- Alüminyum pigmentler: Partikül boyutları 8-80 μm 'dir.
- Sedef pigmentler: Partikül boyutları 2-110 μm 'dir.

Dolgu Maddeleri

Renk ve örtücülüğü olmayan fakat boyaya bazı özellikler kazandıran ve ekonomi sağlayan pigmentlere ise dolgu maddesi denir. Sektörde kullanılan başlıca dolgu maddeleri kalsit, barit ve talktır.

Dolgu maddeleri: Partikül boyutlar 1-5 μm 'dir.

Katkı Maddeleri

Katkı maddeleri boyaya çok az miktarda ilave edilen, boyanın istenmeyen özelliklerini azaltmak veya gidermek amacıyla kullanılan katkılardır. En çok kullanılan katkı maddeleri kurutucular, ıslatıcılar, çökmeyi engelleyiciler, köpük kesiciler, katalizörler, kalınlaştırıcılar, kaymaklaşmayı önleyiciler ve yüzey ajanlarıdır.

Çözücüler

Boyanın uçucu kısmını oluşturan kimyasal maddelerdir. Çözücüler, boyanın kullanılmasını mümkün kılar ve kolaylaştırır. Boyanın özelliğini bozmayan, kururken uçan ve boyanın kıvamını düzenleyen inceltici sıvılardır. En çok kullanılan çözücüler alkoller, eterler, ketonlar, aromatik ve alifatik hidrokarbonlardır.

3.1.3. Havalandırma Sistemleri

Endüstriyel havalandırma sistemleri, işyeri ortamındaki kirlenmiş havayı değiştirmek için ısıtılmadan veya ısıtılarak, doğal akım, etkin basınç ya da mekanik bir etki (vantilatör) yardımıyla, ilgili ortamdan hava emilerek dışarıya atılması veya bu ortama taze hava verilmesi amacıyla kurulan mekanik sistemlerdir.

İşyeri havalandırması, havadaki kirletici maddelere maruziyeti kontrol için yapılır. Genel olarak, sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak amacıyla mahaldeki radon,

formaldehit, uçucu organik bileşikler, partikül madde, CO₂, kokular ve NOx'ler gibi temel iç ortam kirleticileri ortamdaki uzaklaştırmak için kullanılır. Havalandırma, doğal yollarla yapılabildiği gibi (pencere açılması gibi) mekanik yöntemlerle (fanlar, körükler) de yapılabilir. Endüstriyel sistemler belirli bir hızda ve belirli miktarda havanın taşınarak, istenmeyen kirleticilerin (veya "egzoz") ortadan kaldırılması için tasarlanır. Tüm endüstriyel havalandırma sistemlerinde temelde aynı ilkeler takip edilir; bununla birlikte her bir işyeri için, işin türüne ve işyerindeki kirletici oranına göre, ayrı sistem tasarımı yapılmalıdır (Eğri ve ark 2011, Bulut 2011).

Havalandırma Sistemleri ile

- Devamlı taze hava sağlanması, ortam havasının sürekli yenilenmesi
- Sıcaklık ve nemin konfor seviyesinde tutulması
- Yangın ve patlama tehlikelerinin azaltılması
- Kirleticilerin ortadan kaldırılması ya da seyreltilmesi
- Ortamlarda istenmeyen hava akımlarının oluşmasını engellemek üzere (Örneğin, pis kokuların yayılması), birçok durumda ortamlara veya dış havaya karşı ortamın negatif basınç (vakumlu havalandırma) veya pozitif basınç (basıncı havalandırma) altında tutulmasının sağlanması hedeflenir.

Havalandırma, kapalı çalışma ortamlarına yayılan kirleticilerin ortadan kaldırılması veya kontrolü için yapılan bir çeşit "mühendislik kontrolü" olarak kabul edilir. Çalışanların hava kirleticilere maruziyetinin kontrolü için kullanılan yollardan biridir. Kirleticilerin kontrolü için ayrıca, tehlikeli kimyasalın kullanımının durdurulması, daha az toksik kimyasallarla değiştirilmesi ve proseste değişiklik yapılması yollarına başvurulabilir. Endüstriyel havalandırma sistemleri, kirli havayı atmak için gerekli kısım, sistemde havayı taşımak için gerekli fanlar, hava filtrasyon cihazları ve havanın hareketini sağlamak için kullanılan fanlardan oluşur.

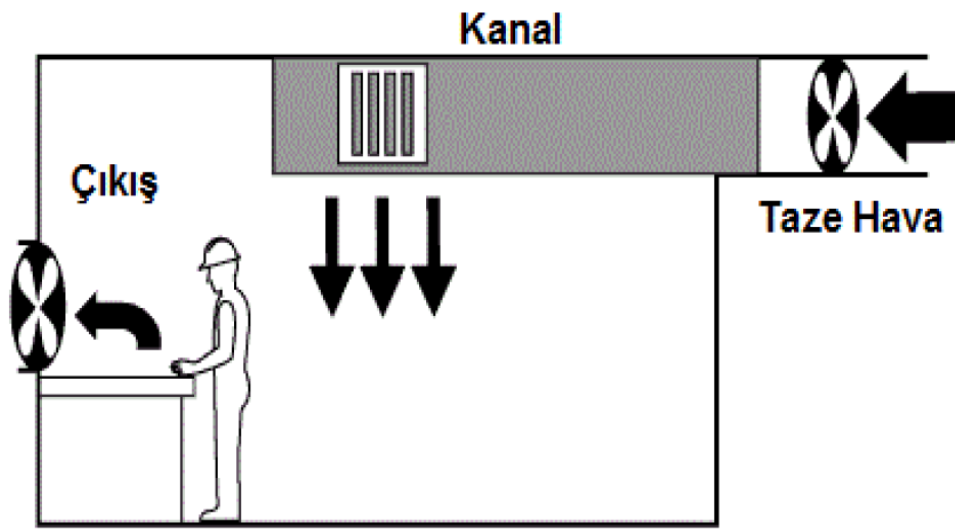
Havalandırma Sistemlerinin Çeşitleri

Sanayide iki tip mekanik havalandırma sistemi vardır:

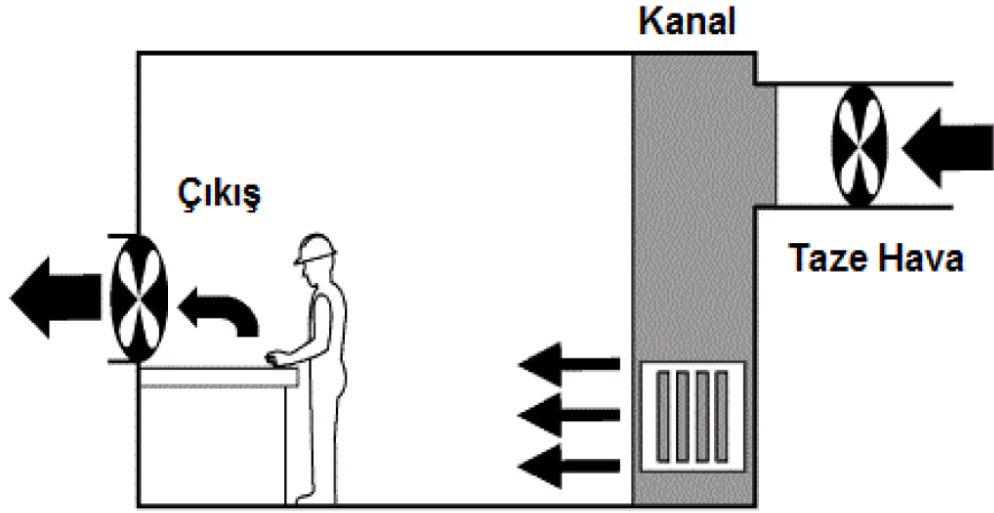
- Genel (veya seyreltme) havalandırma sistemi, temiz hava ile kirli havanın karışma oranını azaltır.
- Lokal Egzoz Havalandırma Sistemi, kirleticiyi kaynağında veya çok yakınında yakalar ve dışarı atar (Eğri ve ark 2011).

3.1.3.1. Genel Havalandırma

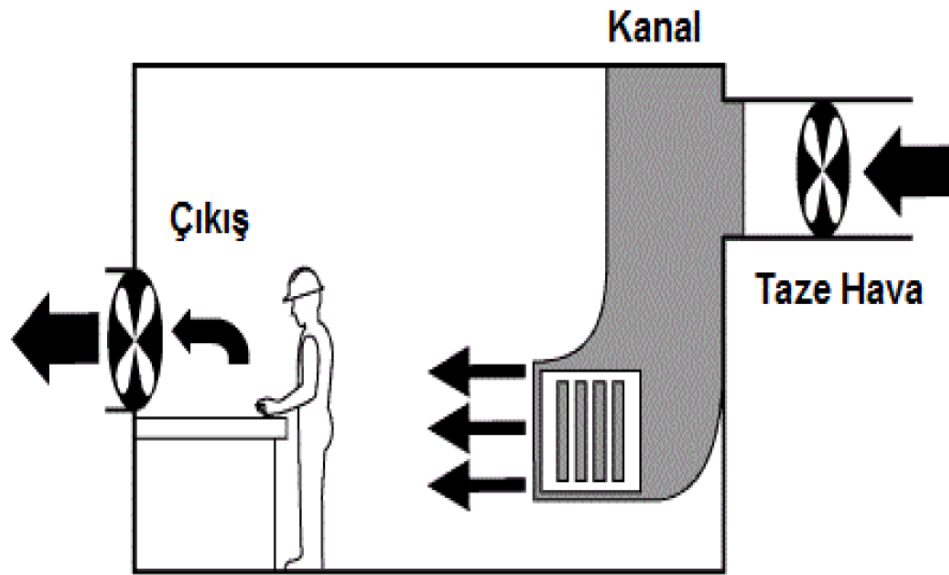
Binaya büyük miktarda temiz hava sağlar ve kirli havayı tahliye eder. İşyerinde ortaya çıkan kirleticileri, bütün işyerinin havalandırılması yoluyla kontrol eder. Ancak işyerinde bir dereceye kadar kirleticileri dağıtabilmektedir bu esnada kirlenme kaynağından uzak kişileri de olumsuz etkileyebilmektedir. Ortamda düşük dozda toksik madde içeren kimyasallar için etkilidir. Hareketli veya dağılmış kirleticiler için en iyi havalandırma sağlar. Genel havalandırma örneği Şekil 3.5'te görüldüğü gibidir. Tavsiye edilmeyen genel havalandırma örneği ise Şekil 3.6'da verilmiştir. (Eğri ve ark 2011).



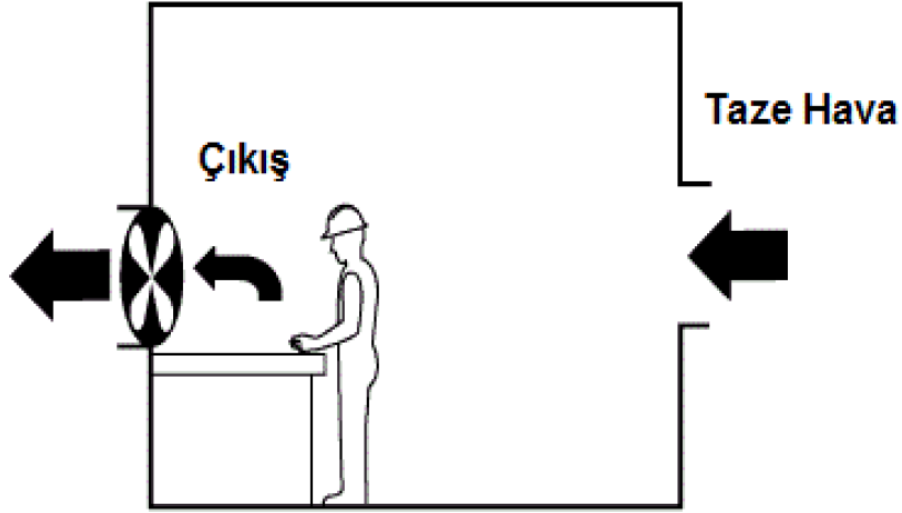
Şekil 3.5a. Genel havalandırma örneği (Eğri ve ark 2011)



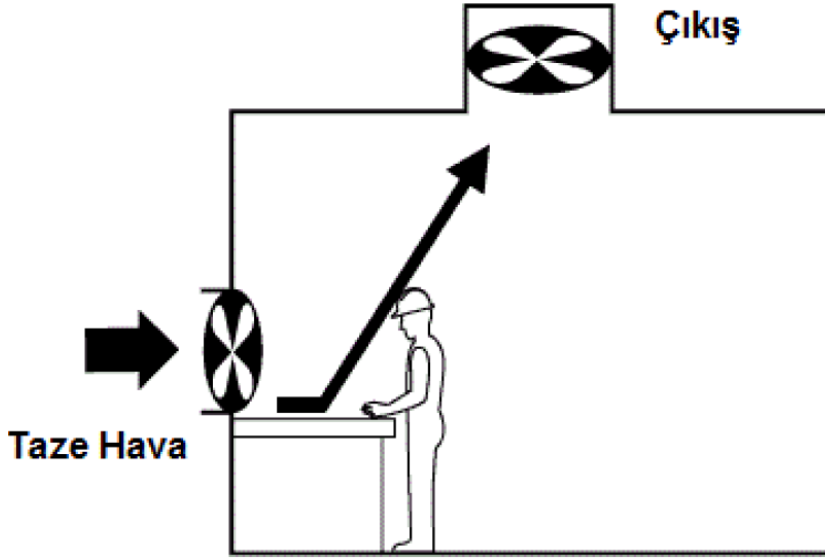
Şekil 3.5b. Genel havalandırma örneği (Eğri ve ark 2011)



Şekil 3.5c. Genel havalandırma örneği (Eğri ve ark 2011)



Şekil 3.5ç. Genel havalandırma örneği (Eğri ve ark 2011)



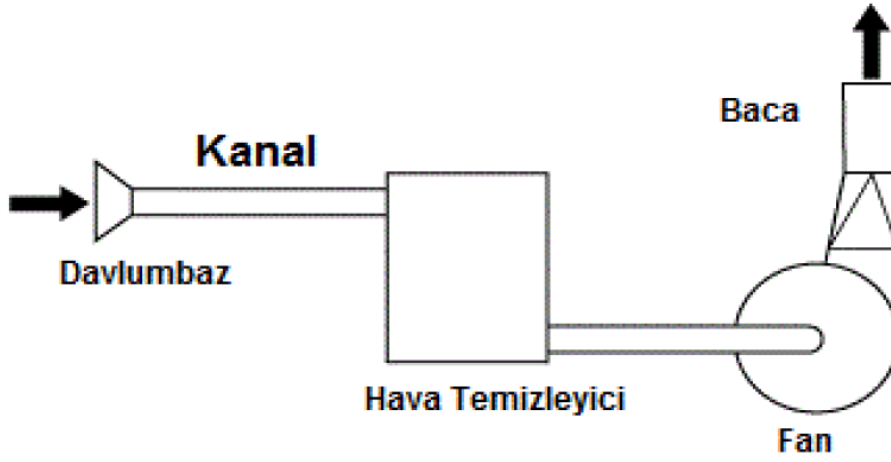
Şekil 3.6. Tavsiye edilmeyen genel havalandırma örneği (Eğri ve ark 2011)

Genel havalandırmanın zorlukları;

- Kirleticileri tamamen ortadan kaldırmaz.
- Yüksek dozda toksik madde içeren kimyasallarda kullanılmaz.
- Toz veya metal dumanı veya yüksek miktarda gaz ve buhar için etkili değildir.
- Isıtılması veya soğutulması için yüksek miktarda taze hava gerekir.
- Düzensiz veya gaz ve buhar yayınımları için etkili değildir (Eğri ve ark 2011).

3.1.3.2. Lokal Egsoz Havalandırma

Hava kirleticinin ortama yayılmadan kaynağın yakınında kontrol edilmesini sağlar. Toksik kirletici, işçinin nefes bölgesine ulaşmadan önce kontrol edildiğinden lokal sistem çok daha etkili bir yoldur. Büyük miktarlarda toz veya duman üretilmesi, emisyon kaynaklarının az olması, emisyon kaynaklarının işçilerin nefes alma bölgesi yakınında bulunması durumlarında kullanılır. Lokal egsoz havalandırma örneği Şekil 3.7’de görüldüğü gibidir (Eğri ve ark 2011).



Şekil 3.7. Lokal egsoz havalandırma örneği (Eğri ve ark 2011)

Lokal egsoz havalandırmanın zorlukları;

- Sistem, özellikle filtreler, kirleticilerden dolayı yıllar içinde bozulmaktadır.
- Düzenli temizlik, kontrol ve bakım gerektirir.
- Problemlerin teşhisi ve gerçekçi ölçümler için düzenli ve rutin testler gerekmektedir (Eğri ve ark 2011).

3.2. İç Ortam Hava Kalitesi Parametrelerinin Ölçülmesi

İşletmenin iç ortam hava kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla konfor parametreleri (sıcaklık, karbondioksit), uçucu organik bileşikler (UOB), partikül madde (PM) ve kurşun, kişisel maruziyet PM ve kişisel maruziyet UOB değerleri ölçülmüştür.

İşletmede 9 noktadan iç ortam UOB ve 2 noktadan iç ortam partikül madde, 7 kişi için kişisel maruziyet OUB ve 2 kişi için kişisel maruziyet PM numunesi alınmıştır. Ölçüm yapılan noktalar için organik bileşiklerin, partikül maddenin ve çalışanların yoğun olduğu

yerler seçilmiştir. Numune alma cihazları çalışanların geniz seviyesi hizalarına yerleştirilmiştir. Ölçüm yapılan noktalar Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ölçüm yapılan noktalar

Lokasyon No	Lokasyon
1	Laboratuvar
2	Boya Sprey Fırını
3	Renk Ayarlama (Zemin)
4	Dolum
5	Bazkat Boya Üretimi
6	Macun Üretim
7	Boya Üretim (Karışım)
8	Renk Ayarlama (1. kat)
9	Boya Üretim (Ezim)

Bölüm “1”, kalite kontrol ve Ar-ge laboratuvarıdır (Şekil 3.8). Bu bölümden iç ortam uçucu organik bileşik ve kişisel maruziyet UOB için numune alınmıştır. Karbondioksit konsantrasyonu ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 3.8. “1” Kalite kontrol ve Ar-ge laboratuvarı

Bölüm “2”, nihai ürünün kalite kontrol amacıyla boya tabancası ile spreyleme yöntemiyle uygulama yapıldığı boya spreyleme fırınıdır (Şekil 3.9). Bu bölümden iç ortam uçucu organik bileşik ve kişisel maruziyet UOB numunesi alınmıştır.



Şekil 3.9. “2” Boya spreyleme fırını

“3” ve “8” bölümleri, ezim işleminden sonraki boya pastasına, reçetedeki diğer hammaddelerin eklenerek boya haline getirildiği, renk ayarının yapıldığı bölümdür (Şekil 3.10 ve Şekil 10.11). Bu bölümlerden uçucu organik bileşik ve kişisel maruziyet UOB numunesi alınmıştır.



Şekil 3.10. "3" Renk ayarlama bölümü (zemin)



Şekil 3.11. "8" Renk ayarlama bölümü (1. kat)

Bölüm "4", nihai ürünlerin farklı boyutlardaki ambalajlara doldurulduğu bölümdür. Bu bölümden uçucu organik bileşik ve kişisel maruziyet UOB numunesi alınmıştır. Çalışan sayısının yoğun olduğu bir alan olması nedeniyle karbondioksit konsantrasyonu ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. "4" Dolum bölümü

Bölüm "5", bazkat boya üretiminin yapıldığı bölümdür (Şekil 3.13). Bu bölümden uçucu organik bileşik numunesi alınmıştır.



Şekil 3.13. "5" Bazkat boya üretim bölümü

Bölüm "6", macun reçetesindeki belirli oranlara göre hammaddelerin sırasıyla kazana verilerek karıştırıldığı ve nihai ürünün dolum yapıldığı macun üretim bölümüdür (Şekil 3.14). Bu bölümden uçucu organik bileşik, partikül madde, kişisel maruziyet UOB ve PM numunesi alınmıştır.



Şekil 3.14. “6” Macun üretim bölümü

Bölüm “7”, ürün reçetesindeki miktarlara göre hammaddelerin sırasına göre kazan içerisine verilerek karıştırıldığı boya üretim (karışım) bölümüdür (Şekil 3.15). Uçucu organik bileşik, partikül madde, kişisel maruziyet UOB ve PM numunesinin alındığı bölümdür.



Şekil 3.15. “7” Boya üretim (karışım) bölümü

Bölüm “9”, hazırlanan boya pastasının basket mill adı verilen makinalarda ezim işlemine tabi tutulduğu boya üretim (ezim) bölümüdür (Şekil 3.16). Bu noktadan uçucu organik bileşik numunesi alınmıştır.



Şekil 3.16. “9” Boya üretim (ezim) bölümü

3.2.1. Partikül Madde Ölçümü

İç ortam partikül madde konsantrasyonunun ölçümü akredite bir laboratuvar tarafından yapılmıştır. Partikül madde numune alımı Zambelli marka, Ego Pluss TT model cihaz ile boya üretim ve macun üretim bölümlerinde yapılmıştır. Cihaz ile 15 dakika boyunca ortamdaki numune alımı gerçekleştirilmiştir. Partikül madde miktarı, TS 2361 test standardına göre “havada süspansiyon durumunda bulunan madde miktarı” metoduyla yapılmıştır. Vakum ile ortamdaki hava çekilerek uygun filtre kağıtlarında toplanan partiküller laboratuvarında gravimetrik tayine tabi tutulmuştur.

Partikül madde ölçümü, 16.06.2014 tarihinde boya üretim (karışım) bölümü ve macun üretim bölümünde yapılmıştır (Şekil 3.17 ve Şekil 3.18).



Şekil 3.17. Macun üretim bölümünde PM ölçümü



Şekil 3.18. Boya üretim bölümünde PM ölçümü

3.2.2. Uçucu Organik Bileşiklerin Ölçümü

İç ortam uçucu organik bileşiklerin tayini ve konsantrasyonlarının belirlenmesi akredite bir laboratuvar tarafından gerçekleştirilmiştir. Numune alma işleminde TS ISO 16200-1 "İş yeri hava kalitesi uçucu organik bileşiklerden numune alma ve çözücü desorpsiyonu" metodu ile çalışan Zambelli marka, Ego Pluss TT model cihaz kullanılmıştır. Cihaz ile 15 dakika boyunca ortamdan numune alımı yapılmıştır. UOB'lerin tayini ise GC/FID, AGILENT model cihaz ve TS EN 13649 GC-FID metodu ile gerçekleştirilmiştir.

Uçucu organik bileşiklerin ölçümü 16.06.2014 tarihinde boya üretim karışım bölümü, ezim işlemin yapıldığı bölüm, renk ayarlama kazanlarının olduğu bölüm, bazkat boya üretiminin yapıldığı bölüm, dolun, laboratuvar, boya sprey fırını ve macun üretim bölümü olmak üzere 9 noktada yapılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. UOB ölçümü

3.2.3. Kişisel Maruziyet Ölçümü

Kişisel maruziyet partikül madde (PM) ve uçucu organik bileşik (UOB) konsantrasyonunun ölçümü akredite bir laboratuvar tarafından yapılmıştır. Vakum ile kişinin çalışma ortamından hava çekilerek uygun filtre kağıtlarında toplanan partiküller, laboratuvarında gravimetrik tayine tabi tutulmuştur. Numune alımı için Buck marka, Libra Plus LT-5 model cihaz kişilere 15 dakika boyunca takılı kalmıştır. Kişisel maruziyet PM ölçümü, partikül maddenin yoğun olduğu boya üretim ve macun üretim bölümlerinde çalışan iki kişide yapılmıştır. Kişisel maruziyet partikül madde miktarı, TS 2361 test standardına göre “havada süspansiyon durumunda bulunan madde miktarı” metoduyla bulunmuştur.

Partikül madde ölçümü 12.12.2014 tarihinde boya üretim (karışım) ve macun üretim bölümünde çalışan iki kişiye yapılmıştır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Kişisel maruziyet PM ölçümü

Kişisel maruziyet UOB tayini ve konsantrasyonlarının belirlenmesi için numune alma TS ISO 16200-1 "İş yeri hava kalitesi uçucu organik bileşiklerden numune alma ve çözücü desorpsiyonu" metodu ile yapılmıştır. Ortamdan numune alımı için Buck marka, Libra Plus LT-5 model cihaz kullanılmıştır. Cihaz, 15 dakika boyunca kişilerde takılı kalarak kişinin çalışma ortamından numune alımı yapılmıştır. UOB'lerin tayini ise GC/FID, AGILENT model cihaz ve TS EN 13649 GC-FID ölçüm metodu ile yapılmıştır.

Uçucu organik bileşiklerin ölçümü 12.12.2014 tarihinde boya üretim karışım bölümü, renk ayarlama bölümü (1.kat), dolum, laboratuvar, boya sprey fırını ve macun üretim bölümlerinde çalışan 7 kişi için yapılmıştır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Kişisel maruziyet UOB ölçümü

3.2.4. Kurşun Ölçümü

İç ortam kurşun konsantrasyonu ölçümü akredite bir laboratuvar tarafından yapılmıştır. Numune alımı, Zambelli marka, Ego Pluss TT model cihaz ile gerçekleştirilmiştir (**Şekil 3.22**). Ortamdan hava çekilerek uygun filtre kağıtlarında toplanan partiküller, laboratuvarda gravimetrik tayine tabi tutulmuştur. ICP cihazı ile ağır metal taraması yapılmıştır.



Şekil 3.22. Kurşun ölçümü

3.2.5. Karbondioksit-Sıcaklık Ölçümü ve Hava Değişim Sayısı Hesabı

İç ortam karbondioksit konsantrasyonu ve sıcaklık değerlerinin belirlenmesinde NDIR-Non Dispersive Infrared with Automatic Baseline Correction (NDIR)- Kızılötesi Işınlarla Otomatik Ölçüm Yöntemi metoduyla çalışan Telaire 7001 CO₂/Temperature Monitor kullanılmıştır. Ölçüm verileri 15 dakika aralıklarla kaydedilmiştir (**Şekil 3.23** ve **Şekil 3.24**).

İç ortam CO₂ ve sıcaklık ölçümü, 23.10.2014-23.12.2014 tarih aralığı ve 08:30-18:30 saatleri arasında, haftanın çalışma günlerinde işletmenin dolum ve laboratuvar bölümlerinde yapılmıştır.



Şekil 3.23. Dolun bölümünde CO₂ ve sıcaklık ölçümü



Şekil 3.24. Laboratuvarında CO₂ ve sıcaklık ölçümü

Hava Değişim Sayısı

Çalışmada hava değişim sayısı, ASTM E741-11 standardındaki metod kullanılarak hesaplanmıştır. Dış ortamdan iç ortama hava akışı (Q_0) aşağıdaki eşitlik (3.1) kullanılarak hesaplanmıştır (ASTM E741-11).

$$Q_0 = \frac{G_p}{C_{in} - C_{out}} 10^6 \quad (3.1)$$

Burada Q_0 hava değişim akışı, dış ortamdan iç ortama hava akışı ($m^3/saat$), G_p kişi başı CO_2 üretimi ($m^3/saat$), C_{in} iç ortam CO_2 konsantrasyonu (ppm), C_{out} dış ortam CO_2 konsantrasyonu (ppm) vermektedir. Bu çalışmada ölçüm yapılan CO_2 derişimlerinden hareketle hava değişim akışı hesaplanmıştır. G_p kişi başı CO_2 üretimi, kişilerin yaptıkları işler göz önünde bulundurularak Şekil 2.2'deki grafikten yararlanılarak laboratuvar çalışanları için $0,045 m^3/saat$ alınırken, dolun çalışanları için $0,060 m^3/saat$ olarak alınmıştır. C_{out} dış ortam CO_2 konsantrasyonu, Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri Raporu'ndaki 440 ppm olarak alınmıştır.

Hava değişim sayısı (ACR) aşağıdaki eşitlik (3.2) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$ACR = \frac{Q_0}{V_{oda}} \quad (3.2)$$

Burada ACR (Air Change Rate) hava değişim sayısını (1/saat), V_{oda} odanın hacmini (m^3) göstermektedir.

3.3. Sağlık Verilerinin Temini ve Risk Hesaplamaları

İç ortam hava kirleticilerinin oluşturduğu sağlık risklerinin belirlenmesi çalışması, iç ortam hava kirletici konsantrasyonları ile sağlık riski modelleme ile gerçekleştirilmiştir. Kanseri ve kanser harici etkilerin her bir kirletici için değerlendirilmesi yapılmıştır. Böylesi bir sağlık riskinin belirlenebilmesi için sağlık etkisi bilinen tüm kirleticilerin konsantrasyonlarının bilinmesini gerektirmektedir. Çalışmada, uçucu organik bileşiklerin konsantrasyonları belirlenip risk hesaplamasına dahil edilmiştir.

Solumun yoluyla maruziyeti hesaplamak için aşağıdaki eşitlik (3.3) kullanılmıştır.

$$CDI_i = C \frac{IR_i EF_i ED_i}{BW_i AT} \quad (3.3)$$

Burada, C (Concentration of the chemical) kirletici derişimi (mg/m^3), IR (Intake Rate) solunum hızı (m^3/sa), EF (Exposure Frequency) maruziyet frekansı (saat/yıl), ED (Exposure Duration) maruziyet süresi (yıl), BW (Body Weight) vücut ağırlığı (kg), AT (Averaging time) ortalama zaman (gün) ve CDI (Chronic Daily Intake) kronik günlük doz'dur ($\text{mg}/\text{kg}/\text{gün}$). Standart yetişkin solunum hızı ve bir insan ömrü, sırasıyla $0,83 \text{ m}^3/\text{sa}$ ve 70 yıl olarak alınmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Sağlık risklerinin hesaplanmasında kullanılan standart parametreler

Parametre	Değer
Solunum hızı (m^3/saat)	0,83
Ortalama zaman (gün) 70 yıl	25550

Solunum maruziyeti için kanser riski aşağıdaki eşitlik (3.4) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$R = \sum_{i=1}^l CDI_i \times SF \quad (3.4)$$

Burada, R kanser riski, SF (Slope Factor) kirleticinin kanser risk faktörüdür ($\text{mg}/\text{kg}-\text{gün}$)⁻¹. Kanser harici UOB'lerin kronik toksik etkileri için tehlike indeksi (HI) değerleri aşağıdaki eşitlik (3.5) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$HI = \frac{CDI}{RfD} \quad (3.5)$$

Burada, HI (Hazard Index) tehlike indeksi, RfD (Reference Dose) referans doz'dur ($\text{mg}/\text{kg}-\text{gün}$). Bu çalışmada ölçülen iç ortam hava kirletici derişimlerinden hareketle yapılan risk değerlendirmesinde Çizelge 3.3'te sunulmuş olan USEPA IRIS veri tabanından alınan risk faktörleri kullanılmıştır.

Çizelge 3.3. UOB için kullanılan SF ve RfD değerleri

Kimyasal Madde	SF 1/(mg/kg.gün)	RfD mg/kg.gün
1,2-Dibromoetan	2	0,009
2-Klorotoluen	-	0,02
Klorobenzen	-	0,02
Benzen	0,029	0,004
Etilbenzen	-	0,1
Stiren	-	0,2
Toluen	-	0,08
Ksilenler	-	0,2
Dibromoklorometan	0,084	0,02
Bromoform	0,0079	0,02
Trans-1,3-Dikloropropen	0,1	0,03
Tetrakloroetan	0,026	0,03

3.4. İstatistiksel Analizler

İstatistik, birimlerin ya da bireylerin sayılabilir, tartılabilir ve ölçülebilir özellikleri ile ilgili bilgilerin yani verilerin toplanması, toplanan verilerin açık ve anlaşılır biçimde tablo ve grafiklerle gösterilmesi, verilerin alındığı grup ya da topluluğu özet olarak belirten değerlerin hesaplanması, verilerin analizi ve yorumlanması, uygun kararlar alınması ve genellemeler yapılması ile uğraşan bir bilim dalıdır.

İstatistik bilim dalı tanımlayıcı (betimsel) ve analitik (çözümsel) olmak üzere iki ana bölüme ayrılır. Betimsel (tanımlayıcı) istatistik; verilerin toplanması, tablolar ve grafiklerle gösterilmesi, özet değerlerin hesaplanması ve sunulması ile ilgili yöntemleri içerir. Çözümsel (analitik) istatistik; verilerin analizi için gerekli varsayımların kurulması ve test edilmesi, verilerden uygun sonuçların elde edilmesi, verilerin uyduğu teorik modellerin belirlenmesi ve uygun kararlara varılması ile ilgili yöntemleri içerir.

3.4.1. Tanımlayıcı İstatistik

Tanımlayıcı istatistikler verilerin sayısal ya da grafiksel olarak özetlenmesidir. Değişkenlerin değerleri hakkında bilgiyi özetleyen ölçütler:

- a) Merkezi eğilim ölçütleri (dağılımın yer gösteren ölçütleri)
- b) Yayılma ölçütleri (dağılımın yaygınlık ölçütleri)
- c) Dağılımın şekil ölçütleri

Merkezi Eğilim Ölçütleri (Dağılımın Yer Gösteren Ölçütleri)

- Aritmetik ortalama (\bar{x} , μ): Değerler toplamı/denek sayısı.
- Ortanca (medyan): Dağılımın orta noktasındaki değer
- Tepe değeri (mod): Dağılımda en çok görülen değer
- Çeyrek ve yüzdeler (persentil): %25- %50- %75

Simetrik (normal) dağılımda aritmetik ortalama, ortanca ve tepe değeri birbirine eşittir.

Yayılma Ölçütleri (Dağılımın Yaygınlık Ölçütleri)

- Değer aralığı (range, w): En büyük değer – en küçük değer
- Standart sapma (s , σ): Kesinliği tanımlar
- Varyans (s^2 , σ^2)
- Varyasyon katsayısı (Coefficient of variation, CV): Standart sapmanın ortalamaya göre % değişimi [$CV = 100 \cdot (s/\bar{x})$]
- Standart hata (s/\sqrt{n})

3.4.2. Korelasyon

Korelasyon analizi iki farklı değişken arasındaki ilişkinin yönü ve şiddeti hakkında bilgi edinmek amacıyla kullanılır.

Pearson korelasyon katsayısı (r): -1 ile $+1$ arasında bir değer alır. Burada ilişkinin yönünü " r "nin işareti, derecesini ise katsayının büyüklüğü belirler. Eksik değerler bir değişken artarken diğersinin azaldığının, artı değerler ise her iki değişkenin aldığı değerlerin birlikte artış veya azalış gösterdiğinin göstergesidir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. İç Ortam Hava Kalitesi Parametrelerinin Ölçüm Sonuçları

4.1.1. Partikül Madde ve Kurşun

İşletmede boya üretim (karışım) ve macun üretim bölümlerinde partikül madde ve kurşun ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.1’de gösterilmektedir. Partikül madde konsantrasyonları, boya üretim bölümünde 7,45 mg/m³, macun üretim bölümünde ise 3,11 mg/m³ olup, her iki bölümde de Tozla Mücadele Yönetmeliği’nde belirtilen 15 mg/m³ sınır değerinin altındadır. Boya üretim (karışım) bölümünde ölçülen kurşun konsantrasyonu ise <1 mg/m³ olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.1. PM ve kurşun konsantrasyonları

Lokasyon No	Lokasyon	Parametre	Ölçüm Değeri (mg/m ³)	Sınır Değer-Tozla Mücadele Yönetmeliği (mg/m ³)
6	Macun Üretim	PM	3,11	15
7	Boya Üretim (karışım)	PM	7,45	15
7	Boya Üretim (karışım)	Kurşun	<1	-

Bir metal endüstrisindeki çalışma ortamlarının iç hava kalitesinin belirlenmesi çalışmasında; ortalama PM_{2,5} konsantrasyonu en düşük 38,9 µg/m³, en yüksek 508,7 µg/m³ olarak ölçülmüştür (Kurutaş 2009). Antalya ilinde farklı ortamlarda iç hava kalitesinin araştırılması ve modellenmesi çalışmasında; ortalama PM₁₀ değeri 75,79 µg/m³ olarak ölçülmüştür (Coşgun 2012). Toprak ve ark. tarafından (2013) üniversite laboratuvarlarında iç hava kalitesi ve çalışanların mesleki risk etmenleri çalışmasında ortalama PM_{2,5} konsantrasyonu en düşük 7,6 µg/m³, en yüksek 19,4 µg/m³ olarak ölçülmüştür.

4.1.2. Uçucu Organik Bileşikler

İşletmede 9 bölümde yapılan ölçümler sonucu her bir bölümde ortamda tespit edilen UOB ve konsantrasyonları Çizelge 4.2-Çizelge 4.10’da verilmiştir. Tüm bölümlerdeki UOB

konsantrasyonları, NIOSH ve Health and Safety Executive'e göre iç ortam sınır konsantrasyonlarının altında olduğu görülmektedir.

Tüm bölümlerde toplam 11 UOB'e rastlanmış olup ortalama UOB konsantrasyonları benzen için 0,298 mg/m³, 1,2-dibromoetan için 4,929 mg/m³, etilbenzen için 0,495 mg/m³, m,p-ksilen için 0,457 mg/m³, o-ksilen için 0,314 mg/m³, toluen için 1,021 mg/m³, n-propilbenzen için 0,043 mg/m³, 2-klorotoluen için 0,090 mg/m³, 4-klorotoluen için 0,133 mg/m³, stiren için 0,77 mg/m³, klorobenzen için 0,140 mg/m³ olarak hesaplanmıştır.

Kocaeli şehir merkezinde uçucu organik bileşik seviyelerinin belirlenmesi ve risk değerlendirmesinin yapıldığı çalışmada; farklı noktalarda yapılan ölçümlerde en yüksek benzen konsantrasyonu 0,0046 mg/m³, etilbenzen konsantrasyonu 0,0015 mg/m³, stiren konsantrasyonu 0,0595 mg/m³, toluen konsantrasyonu 0,0064 mg/m³, ksilen konsantrasyonu 0,0023 mg/m³ olarak ölçülmüştür (Çökelek 2008). Bir metal endüstrisindeki çalışma ortamlarının iç hava kalitesinin belirlenmesi çalışmasında imalat bölümünde tüm ölçüm noktalarındaki ortalama UOB konsantrasyonları en düşük 0,02 ppm, en yüksek 0,52 ppm olarak ölçülmüştür (Kurutaş 2009). Yılmaz (2011) tarafından yapılan çözücü kullanan işyerlerinin iç ortam havasında uçucu organik bileşiklerin pasif örnekleme ile tayini ve izlenmesi çalışmasında çözücü dolun ve depolama tesisinde gerçekleştirilen 8 saatlik pasif ölçüm sonuçları toluen için 6,283 mg/m³, m,p-ksilen için 1,093 mg/m³, o-ksilen için 0,392 mg/m³ olarak bulunmuştur. Aslan ve ark. tarafından ilköğretim okullarında bina-içi hava uçucu organik madde derişimleri: derslikler ile anasınıflarının karşılaştırılması çalışmasında en yüksek benzen konsantrasyonu 8,9 µg/m³, en yüksek toluen konsantrasyonu 97,3 µg/m³, en yüksek etilbenzen konsantrasyonu 1,2 µg/m³, en yüksek p,m-ksilen konsantrasyonu 5,3 µg/m³, en yüksek stiren konsantrasyonu 0,68 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Akal (2011) tarafından yapılan hacettepe üniversitesi kimya mühendisliği bölümü iç ortamında hava kirleticilerinin belirlenmesi ve sağlık etkilerinin değerlendirilmesi çalışmasında ortalama benzen konsantrasyonu 10,3 µg/m³, toluen konsantrasyonu 19,9 µg/m³, klorobenzen konsantrasyonu 14,9 µg/m³, etilbenzen konsantrasyonu 15,5 µg/m³, m,p-ksilen konsantrasyonu 7,7 µg/m³, stiren konsantrasyonu 41 µg/m³ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.2. “1” Laboratuvarında tespit edilen UOB ve konsantrasyonları

UOB	Ölçüm Değeri (mg/m³)	Sınır Değer NIOSH (mg/m³)	Sınır Değer Health and Safety Executive (mg/m³)
Benzen	0,33479	-	-
1,2-Dibromoetan	2,02197	-	-
Etilbenzen	0,43885	-	884
m,p-ksilen	0,41085	-	442

Çizelge 4.3. “2” Boya sprey fırınında tespit edilen UOB ve konsantrasyonları

UOB	Ölçüm Değeri (mg/m³)	Sınır Değer NIOSH (mg/m³)	Sınır Değer Health and Safety Executive (mg/m³)
Benzene	0,33427	-	-
1,2-Dibromoetan	0,43158	-	-
Etilbenzen	0,40335	-	884

Çizelge 4.4. “3” Renk ayarlama (zemin) bölümünde tespit edilen UOB ve konsantrasyonları

UOB	Ölçüm Değeri (mg/m³)	Sınır Değer NIOSH (mg/m³)	Sınır Değer Health and Safety Executive (mg/m³)
Benzen	0,33600	-	-
Toluen	0,39871	375	384
1,2-Dibromoetan	0,81208	-	-
Etilbenzen	0,45204	-	884
m,p-ksilen	0,43803	-	442
o-ksilen	0,43305	-	442

Çizelge 4.5. “4” Dolum bölümünde tespit edilen UOB ve konsantrasyonları

UOB	Ölçüm Değeri (mg/m³)	Sınır Değer NIOSH (mg/m³)	Sınır Değer Health and Safety Executive (mg/m³)
Benzen	0,33935	-	-
Toluen	4,95738	375	384
1,2-Dibromoetan	9,80912	-	-
Etilbenzen	0,51315	-	884
m,p-ksilen	0,52798	-	442
o-ksilen	0,47935	-	442
n-Propilbenzen	0,38774		-
2-Klorotoluen	0,4047	250	-
4-Klorotoluen	0,39729	250	-

Çizelge 4.6. “5” Bazkat boya üretim bölümünde tespit edilen UOB ve konsantrasyonları

UOB	Ölçüm Değeri (mg/m³)	Sınır Değer NIOSH (mg/m³)	Sınır Değer Health and Safety Executive (mg/m³)
Toluen	0,89444	375	384
1,2-Dibromoetan	18,80323	-	-
Etilbenzen	0,56002	-	884
m,p-ksilen	0,58299	-	442
o-ksilen	0,48532	-	442
2-Klorotoluen	0,40156	250	-
4-Klorotoluen	0,39898	250	-

Çizelge 4.7. “6” Macun üretim bölümünde tespit edilen UOB ve konsantrasyonları

UOB	Ölçüm Değeri (mg/m³)	Sınır Değeri NIOSH (mg/m³)	Sınır Değeri Health and Safety Executive (mg/m³)
Benzen	0,33751	-	-
Toluen	0,52908	375	384
1,2-Dibromoetan	0,30086	-	-
Etilbenzen	0,43372	-	884
m,p-ksilen	0,40548	-	442
Stiren	0,68982	-	-
4-Klorotoluen	0,39744	250	-

Çizelge 4.8. “7” Boya üretim (karışım) bölümünde tespit edilen UOB ve konsantrasyonları

UOB	Ölçüm Değeri (mg/m³)	Sınır Değeri NIOSH (mg/m³)	Sınır Değeri Health and Safety Executive (mg/m³)
Benzen	0,33681	-	-
Toluen	1,31328	375	384
1,2-Dibromoetan	7,62206	-	-
Klorobenzen	0,42024	-	-
Etilbenzen	0,53130	-	884
m,p-ksilen	0,55363	-	442
o-ksilen	0,46408	-	442

Çizelge 4.9. “8” Renk ayarlama (1.kat) bölümünde tespit edilen UOB ve konsantrasyonları

UOB	Ölçüm Değeri (mg/m ³)	Sınır Değer NIOSH (mg/m ³)	Sınır Değer Health and Safety Executive (mg/m ³)
Benzen	0,33387	-	-
Toluen	0,58326	375	384
1,2-Dibromoetan	2,39706	-	-
Klorobenzen	0,40307	-	-
Etilbenzen	0,65576	-	884
m,p-ksilen	0,73157	-	442
o-ksilen	0,49747	-	442

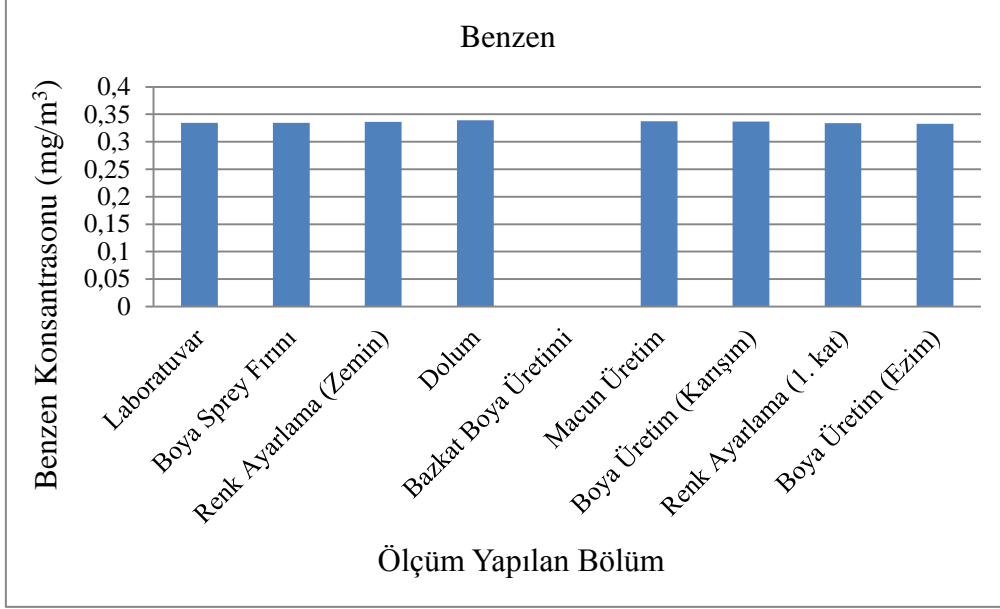
Çizelge 4.10. “9” Boya üretim (ezim) bölümünde tespit edilen UOB ve konsantrasyonları

UOB	Ölçüm Değeri (mg/m ³)	Sınır Değer NIOSH (mg/m ³)	Sınır Değer Health and Safety Executive (mg/m ³)
Benzen	0,33303	-	-
Toluen	0,91348	375	384
1,2-Dibromoetan	2,16599	-	-
Klorobenzen	0,43264	-	-
Etilbenzen	0,46746	-	884
m,p-ksilen	0,45899	-	442
o-ksilen	0,46506	-	442

İşletmede 9 farklı bölümde yapılan ölçümler sonucu tespit edilen her bir UOB’in tüm bölümlerdeki konsantrasyonları Şekil 4.1-Şekil 4.11’de verilmiştir.

Benzen

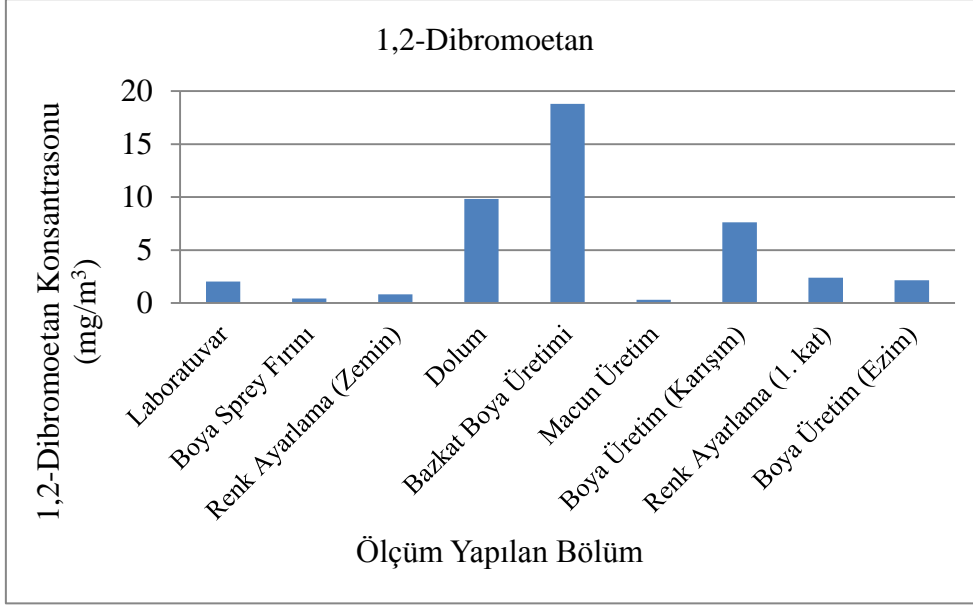
Tüm bölümlerdeki benzen konsantrasyonları Şekil 4.1’de görülmektedir. Bazkat boya üretim bölümünde benzene rastlanmamıştır. Diğer 8 bölümdeki benzen konsantrasyonları birbirine çok yakın olup, ortalama $0,298 \text{ mg/m}^3$ ’tür.



Şekil 4.1. Tüm bölümlerdeki benzen konsantrasyonu

1,2-Dibromoetan

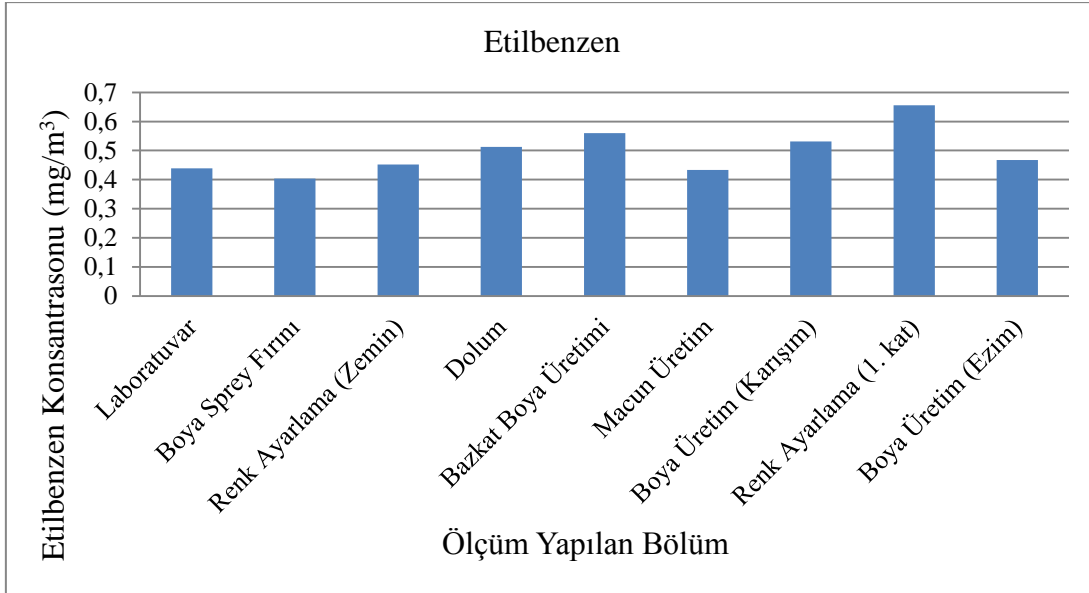
İşletmede 9 farklı bölümde tespit edilen 1,2-dibromoetan konsantrasyonları Şekil 4.2’de verilmiştir. En yüksek konsantrasyon bazkat boya üretim bölümünde $18,80323 \text{ mg/m}^3$ iken, en düşük konsantrasyon ise macun üretim bölümünde $0,30086 \text{ mg/m}^3$ ’tür. Bölümlerdeki 1,2-dibromoetan konsantrasyonları arasında büyük farkların olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2. Tüm bölümlerdeki 1,2-dibromoetan konsantrasyonu

Etilbenzen

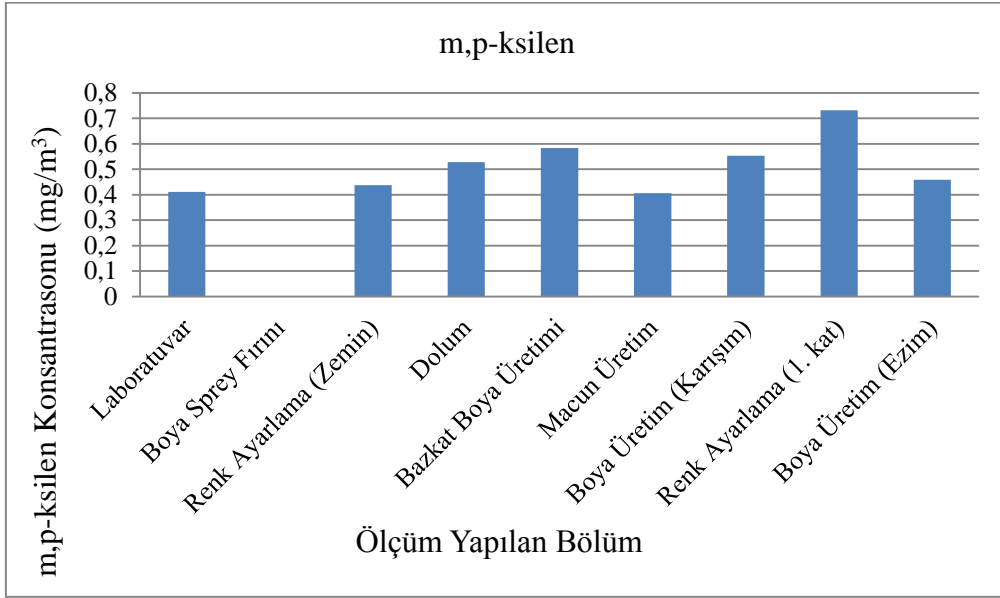
Tüm bölümlerde tespit edilen etilbenzen konsantrasyonları Şekil 4.3'te sunulmuştur. Renk ayarlama (1.kat) bölümünde 0,65576 mg/m³ ile en yüksek konsantrasyona rastlanmıştır, onu bazkat boya üretimi ve dolum bölümleri takip etmiştir. Etilbenzen konsantrasyonunun en düşük olduğu bölüm ise boya sprej fırınıdır.



Şekil 4.3. Tüm bölümlerdeki etilbenzen konsantrasyonu

m,p-ksilen

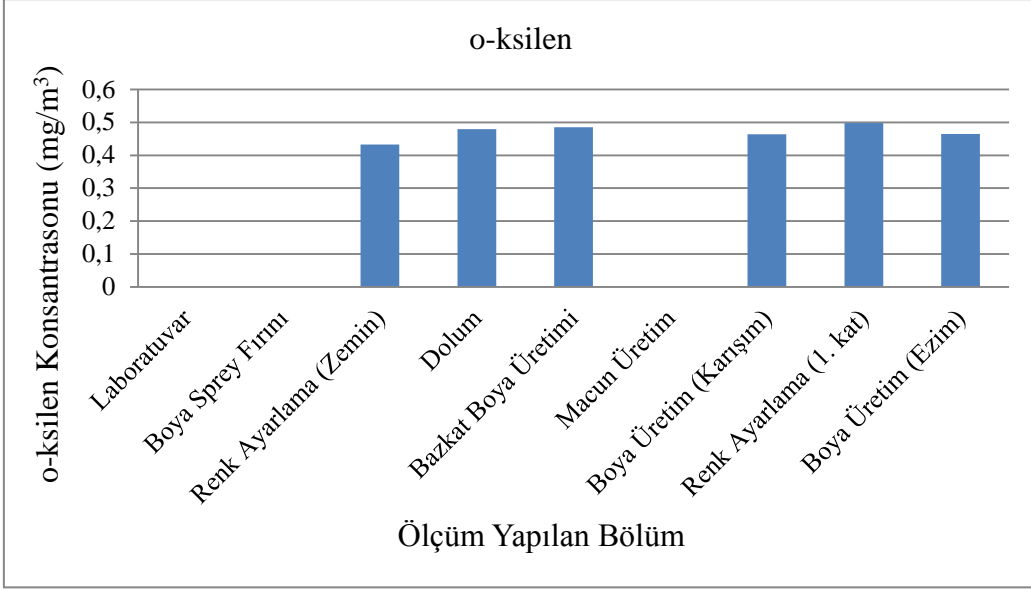
Ölçümler sonucu 8 bölümde rastlanan m,p-ksilen konsantrasyonları Şekil 4.4'te verilmiştir. En yüksek konsantrasyon, renk ayarlama (1.kat) bölümünde $0,73157 \text{ mg/m}^3$, en düşük konsantrasyon ise macun üretim bölümünde $0,40548 \text{ mg/m}^3$ 'tür. Diğer bölümlerdeki kirletici derişimleri birbirine yakın olup, boya sprey fırınında ise m,p-ksilen görülmemiştir.



Şekil 4.4. Tüm bölümlerdeki m,p-ksilen konsantrasyonu

O-ksilen

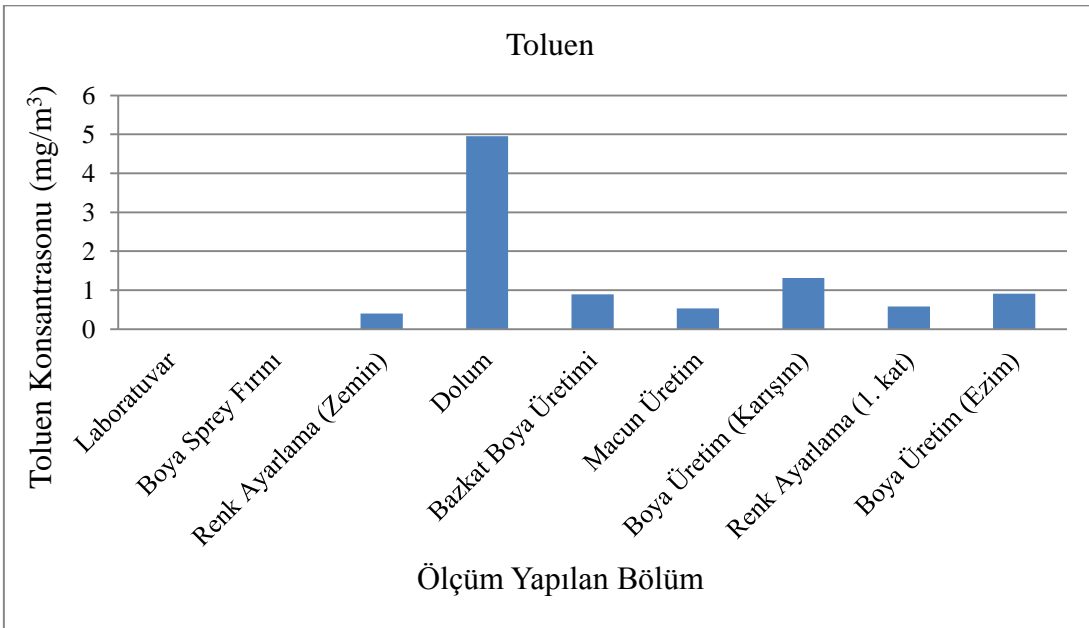
O-ksilen konsantrasyonları Şekil 4.5'teki grafikte gösterilmiştir. 6 bölümde tespit edilen o-ksilen konsantrasyonları birbirine çok yakındır. Renk ayarlama (1.kat) bölümünde $0,49747 \text{ mg/m}^3$ ile en yüksek değer ölçülmüştür. En düşük konsantrasyon ise renk ayarlama (zemin) bölümünde görülürken, laboratuvar, boya sprey fırını ve macun üretim bölümlerinde o-ksilen görülmemiştir.



Şekil 4.5. Tüm bölümlerdeki o-ksilen konsantrasyonu

Toluen

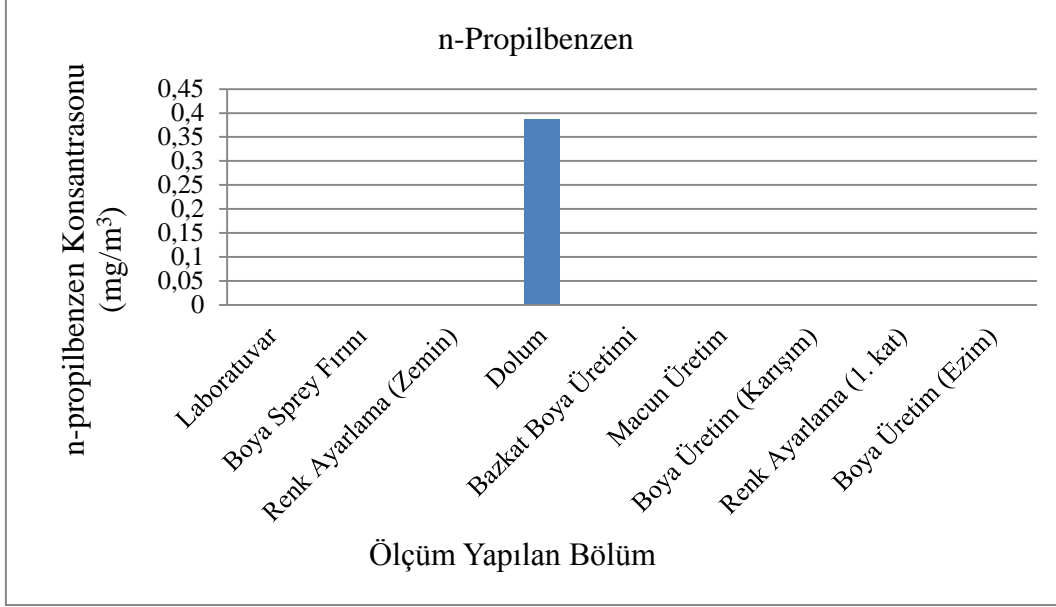
İşletmede 7 bölümde varlığına rastlanan toluen konsantrasyonları Şekil 4.6'da verilmiştir. En yüksek toluen konsantrasyonu dolum bölümünde $4,95738 \text{ mg/m}^3$ olup, boya üretim (karışım) ve boya üretim (ezim) bölümlerinde ise $1,31328 \text{ mg/m}^3$ ve $0,91348 \text{ mg/m}^3$ ölçülmüştür. En düşük konsantrasyon ise renk ayarlama (zemin) bölümünde görülürken, laboratuvar ve boya sprej fırınında ortamda toluen bulunmamaktadır.



Şekil 4.6. Tüm bölümlerdeki toluen konsantrasyonu

n-Propilbenzen

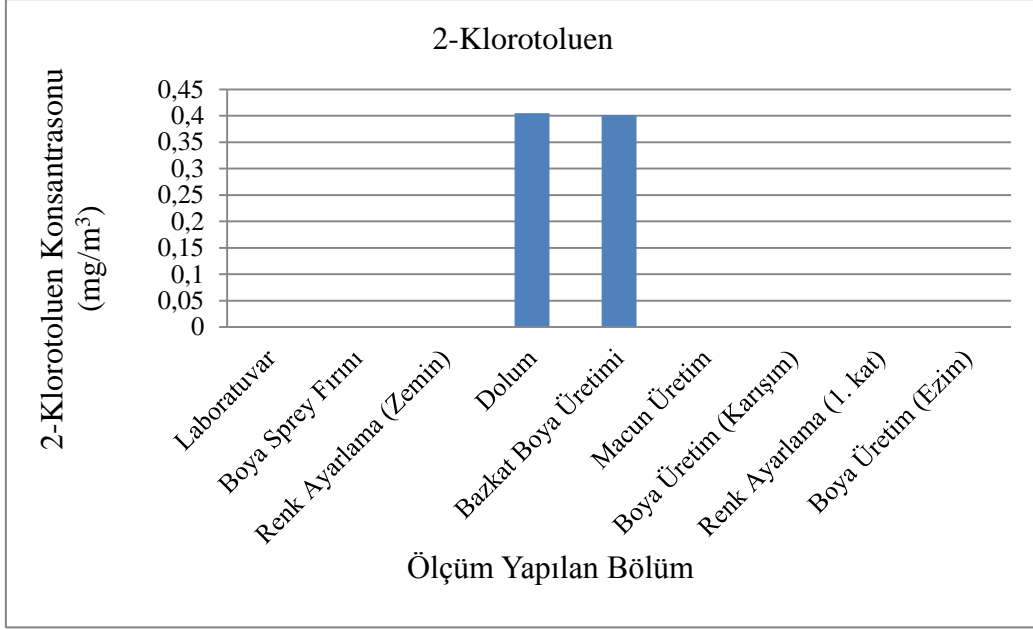
İşletmede 9 bölümde yapılan ölçümler sonucu sadece dolum bölümünde görülen n-propilbenzen konsantrasyonu $0,38774 \text{ mg/m}^3$ 'tür (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Tüm bölümlerdeki n-propilbenzen konsantrasyonu

2-Klorotoluen

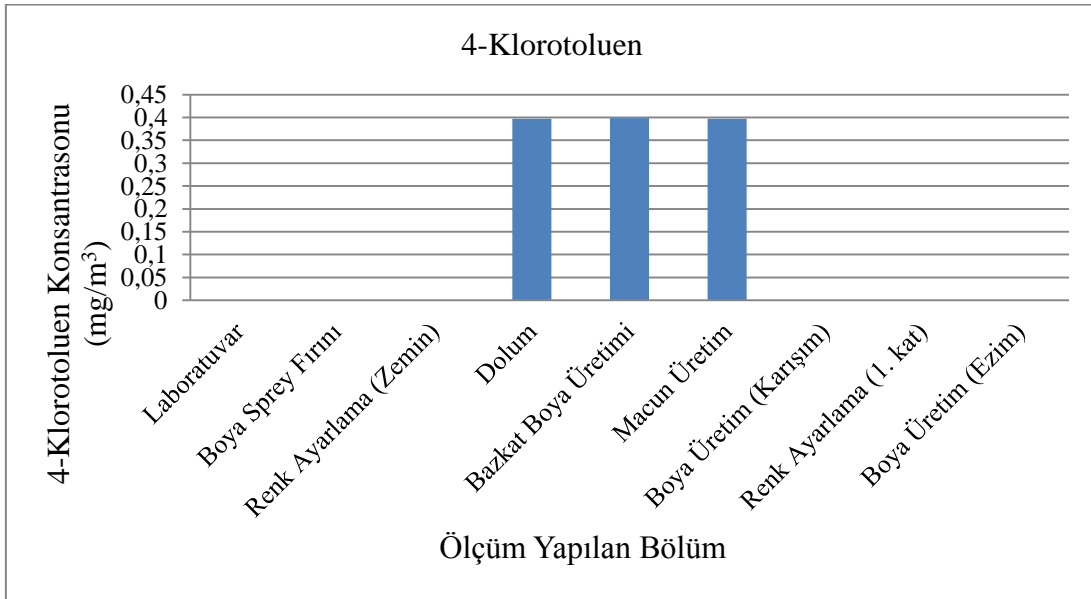
Dolum ve bazkat boya üretim bölümünde görülen 2-klorotoluen konsantrasyonları birbirine çok yakın olup, $0,4047 \text{ mg/m}^3$ ve $0,40156 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucu işletmede diğer 7 bölümde 2-klorotoluen bulunmadığı görülmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Tüm bölümlerdeki 2-klorotoluen konsantrasyonu

4-Klorotoluen

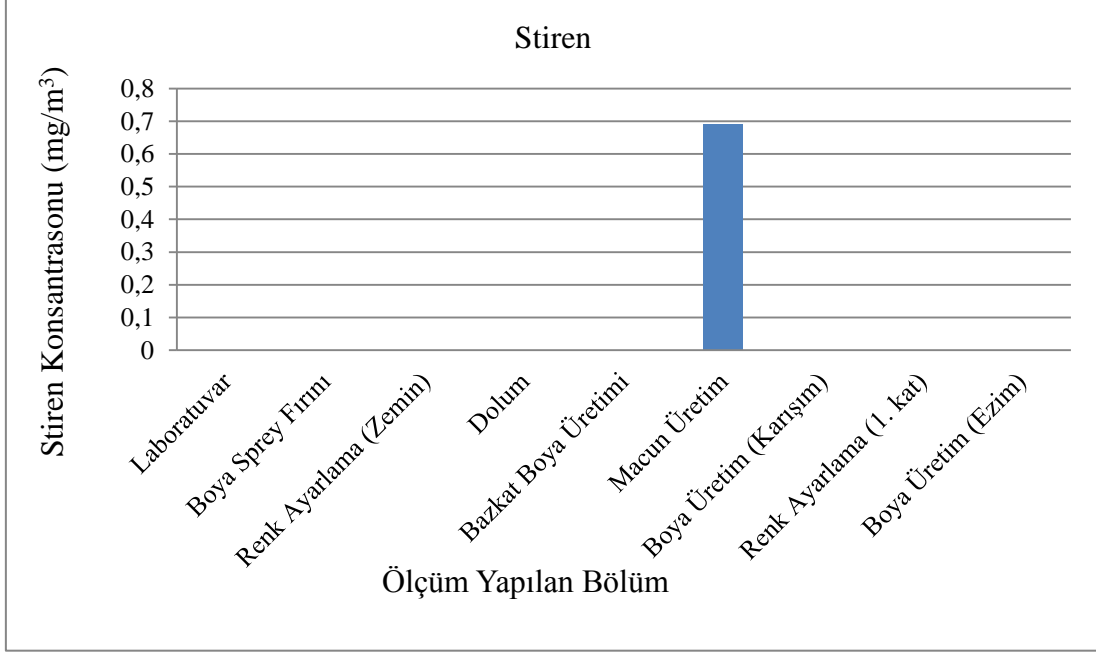
4-Klorotoluen, Şekil 4.9’da görüldüğü gibi bazkat boya üretimi, dolum ve macun üretim bölümlerinde ortamda bulunmaktadır. Tespit edilen 3 bölümde konsantrasyonlar birbirine çok yakın olup, en yüksek 0,39898 mg/m³ ile bazkat boya üretim bölümünde görülmüştür.



Şekil 4.9. Tüm bölümlerdeki 4-klorotoluen konsantrasyonu

Stiren

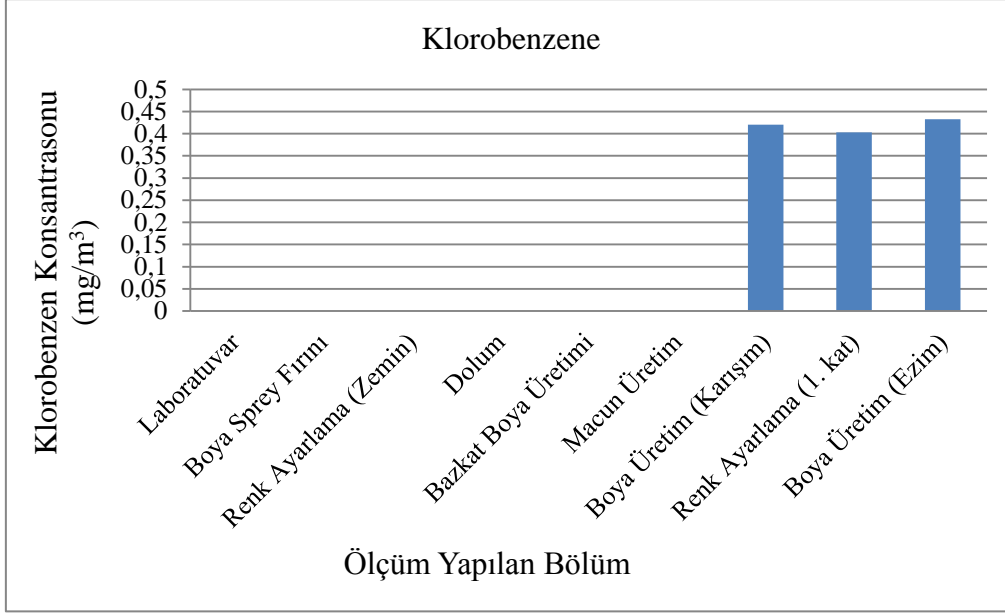
Stiren, Şekil 4.10'daki grafikte görüldüğü gibi sadece macun üretim bölümünde tespit edilmiştir. Stiren konsantrasyonu $0,68982 \text{ mg/m}^3$ ölçülmüştür. Diğer 8 bölümde ortamda stiren bulunmamaktadır.



Şekil 4.10. Tüm bölümlerdeki stiren konsantrasyonu

Klorobenzen

Klorobenzen konsantrasyonları Şekil 4.11'de verilmiştir. Bazkat üretim (karışım), renk ayarlama (1. kat) ve boya üretim (ezim) bölümlerinde görülen klorobenzen konsantrasyonu en yüksek $0,43264 \text{ mg/m}^3$ ile boya üretim (ezim) bölümünde ölçülmüştür.



Şekil 4.11. Tüm bölümlerdeki klorobenzen konsantrasyonu

4.1.2.1. UOB Konsantrasyonları için İstatistiksel Analiz Sonuçları

Uçucu organik bileşik konsantrasyonları arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Aralarında anlamlı bir ilişki bulunan UOB'ler arasındaki korelasyon analizi SPSS programı kullanılarak yapılmıştır ve sonuçlar Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. UOB'lerin korelasyon analizi

Korelasyonlar						
Değişkenler		Benzen	1,2-Dibromoetan	Etilbenzen	m,p-ksilen	o-ksilen
Benzen	Pearson Korelasyon	1	-,837	-,310	-,235	-,271
	Anlamlılık		,005	,417	,544	,480
	N	9	9	9	9	9
1,2-Dibromoetan	Pearson Korelasyon	-,837	1	,461	,422	,514
	Anlamlılık	,005		,211	,258	,156
	N	9	9	9	9	9
Etilbenzen	Pearson Korelasyon	-,310	,461	1	,838	,709
	Anlamlılık	,417	,211		,005	,032
	N	9	9	9	9	9
m,p-ksilen	Pearson Korelasyon	-,235	,422	,838	1	,716
	Anlamlılık	,544	,258	,005		,030
	N	9	9	9	9	9
o-ksilen	Pearson Korelasyon	-,271	,514	,709	,716	1
	Anlamlılık	,480	,156	,032	,030	
	N	9	9	9	9	9

Benzen ve 1,2-dibromoetan arasında anlamlı bir ilişki vardır (anlamlılık<0,05). Korelasyon katsayısı ($r = -0,837$), $0,7 < r < 0,9$ olduğundan aralarında kuvvetli bir ilişki olduğunu ve $r = (-)$ işaretinden dolayı bu ilişkinin ters orantılı olduğu görülmektedir. Benzen konsantrasyonu artarken 1,2-dibromoetan konsantrasyonu azalmıştır.

Etilbenzen ile m,p-ksilen arasında anlamlı bir ilişki vardır. Korelasyon katsayısı 0,838 olarak bulunmuştur ve bu katsayı güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Etilbenzen konsantrasyonu artarken m,p-ksilen konsantrasyonu da artmıştır.

Etilbenzen ile o-ksilen arasında anlamlı bir ilişki söz konusudur. Korelasyon katsayısı ($r = 0,709$), $0,7 < 0,709 < 0,9$ olduğundan iki kirletici arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Etilbenzen konsantrasyonu artarken o-ksilen konsantrasyonu da artmıştır.

m,p-Ksilen ile o-ksilen arasında anlamlılık $<0,05$ olduğundan iki UOB arasında anlamlı bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür. Korelasyon katsayısı 0,716 olarak hesaplanmıştır ve bu katsayı güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir ($0,7<0,716<0,9$). m,p-ksilen konsantrasyonu artarken o-ksilen konsantrasyonu da artmıştır.

4.1.3. Kişisel Maruziyet PM

İşletmede macun üretim ve boya üretim (karışım) bölümlerinde çalışan iki kişiye kişisel maruziyet PM ölçümleri yapılmıştır. Çizelge 4.12'de görüldüğü gibi PM seviyesi macun üretim bölümünde çalışan kişi için $0,29 \text{ mg/m}^3$, boya üretim (karışım) bölümünde çalışan kişi için $7,31 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüştür. Macun üretim bölümünde çalışan 1. kişi için PM değeri Tozla Mücadele Yönetmeliği'nde belirtilen 5 mg/m^3 sınır değerinin altında iken, boya üretim (karışım) bölümünde çalışan 37. kişi için PM değeri sınır değerinin üzerindedir. Dolayısıyla bu bölümde çalışan kişiler daha yüksek partikül madde kirliliğine maruz kalmaktadırlar.

Çizelge 4.12. Kişisel maruziyet PM ölçüm sonuçları

Lokasyon No	Lokasyon	Kişi	Ölçüm Değeri (mg/m^3)	Sınır Değer-TOZLA MÜCADELE YÖNETMELİĞİ (mg/m^3)
6	Macun Üretim	1. kişi	0,29	5
7	Boya Üretim	37. kişi	7,31	5

4.1.4. Kişisel Maruziyet UOB

Farklı bölümlerde çalışan 7 kişi için kişisel maruziyet UOB ölçümleri yapılmıştır. Her bir kişi için yapılan UOB analizlerinde; konsantrasyonlar, Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelikte belirtilen mesleki maruziyet sınır değerleri aşmadığı görülmüştür.

Laboratuvar, boya sprey fırını, macun üretim, dolum, boya üretim (karışım) ve renk ayarlama (1.kat) bölümlerinde çalışan 7 kişiye yapılan kişisel maruziyet UOB sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.13-Çizelge 4.18'de verilmiştir. Toplam UOB konsantrasyonları, boya üretim (karışım) bölümünde çalışan 37. kişi için $272,6 \text{ mg/m}^3$, renk ayarlama (1. kat) bölümünde çalışan 19. ve 16. kişi $232,973$ ve $111,312 \text{ mg/m}^3$ ölçülmüştür. Bu bölümde

çalışan kişilerin daha yüksek UOB maruziyetine maruz kaldığı görülmektedir. Macun üretim bölümünde çalışan 7. kişi için yapılan ölçüm sonucunda her hangi bir UOB maruziyeti söz konusu değildir.

Çizelge 4.13. Laboratuvarında çalışan 5. kişi için kişisel maruziyet UOB ölçüm değerleri

Parametre	Ölçüm Değeri (mg/m³)	K.M.Ç.S.V.G.Ö.H.Y. Sınır Değerleri (mg/m³)
1,1-Dikloropropen	3,67225	-
Trans-1,3-Dikloropropen	0,36426	-
Toluen	5,73502	384
Klorobenzen	0,79963	70
Etilbenzen	1,32817	884
m,p-Ksilen	1,90623	442
Bromoform	0,74316	-
o-Ksilen	0,74801	442
Toplam	15,29673	

Çizelge 4.14. Boya sprey fırınında çalışan 23. kişi için kişisel maruziyet UOB ölçüm değerleri

Parametre	Ölçüm Değeri (mg/m³)	K.M.Ç.S.V.G.Ö.H.Y. Sınır Değerleri (mg/m³)
Tetrakloroetan	1,41702	-

Çizelge 4.15. Dolumda çalışan 41. kişi için kişisel maruziyet UOB ölçüm değerleri

Parametre	Ölçüm Değeri (mg/m³)	K.M.Ç.S.V.G.Ö.H.Y. Sınır Değerleri (mg/m³)
Toluen	2,83285	384
1,2-Dibromoetan	19,52140	-
Etilbenzen	0,94693	884
m,p-Ksilen	1,49061	442
Bromoform	0,42975	-
o-Ksilen	0,37459	442
Toplam	25,596	

Çizelge 4.16. Boya üretim (karışım) bölümünde çalışan 37. kişi için kişisel maruziyet UOB ölçüm değerleri

Parametre	Ölçüm Değeri (mg/m³)	K.M.Ç.S.V.G.Ö.H.Y. Sınır Değerleri (mg/m³)
1,1-Dikloropropen	0,74340	-
Toluen	28,20416	384
Dibromoklorometan	0,48452	-
1,2-Dibromoetan	214,07860	-
Etilbenzen	9,81545	884
m,p-Ksilen	15,24199	442
Bromoform	0,55362	-
o-Ksilen	3,13648	442
2-Klorotoluen	0,34175	-
Toplam	272,6	

Çizelge 4.17. Renk ayarlama (1.kat) bölümünde çalışan 16. kişi için kişisel maruziyet UOB ölçüm değerleri

Parametre	Ölçüm Değeri (mg/m³)	K.M.Ç.S.V.G.Ö.H.Y. Sınır Değerleri (mg/m³)
Toluen	84,54460	384
1,2-Dibromoetan	26,76718	-
Toplam	111,312	

Çizelge 4.18. Renk ayarlama (1.kat) bölümünde çalışan 19. kişi için kişisel maruziyet UOB ölçüm değerleri

Parametre	Ölçüm Değeri (mg/m³)	K.M.Ç.S.V.G.Ö.H.Y. Sınır Değerleri (mg/m³)
1,1-Dikloropropen	0,72645	-
1,2-Dibromoetan	228,18149	-
Klorobenzen	0,54334	70
Etilbenzen	0,79089	884
m,p-Ksilen	1,21000	442
Bromoform	1,03445	-
o-Ksilen	0,48653	442
Toplam	232,973	

4.1.5. CO₂-Sıcaklık Ölçüm Sonuçları ve Hava Değişim Sayısı Hesabı Sonuçları

İşletmede dolum ve laboratuvar bölümlerinde yapılan karbondioksit ve sıcaklık ölçüm sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Dolum bölümünde yapılan 500 ölçüm sonuçlarından CO₂ konsantrasyonları ortalamasının 691 ppm olduğu görülmektedir. Bu değer, sınır değer olarak kabul edilen 1000 ppm'in altındadır. Minimum 421 ppm iken, maksimum 966 ppm ölçülmüştür. Standart sapma ise 92,6 ppm'dir. Bu verilerle dolum bölümündeki CO₂ konsantrasyonları ortalama yaklaşık %10'luk bir değişim gösterdiği anlaşılmaktadır. 966 ppm CO₂ değeri, zaman zaman iç ortam havalandırmasının sınır değere yaklaştığını göstermektedir. Sıcaklık ortalaması 16,3°C

ölçülmüştür. Minimum 8,1°C ile maksimum 21,1°C arasında değişen sıcaklıklarda ortalamaya göre yaklaşık %20 sapma vardır.

Laboratuvar bölümünde yapılan 846 ölçüm sonucu CO₂ konsantrasyonu ortalama 539 ppm ölçülmüştür. Sınır değer olarak kabul edilen 1000 ppm'in altındadır. Standart sapma 77,1'dir. Maksimum 816 ppm olan CO₂ seviyesi, dolun bölümüne kıyasla daha düşük seviyededir. Ancak sıcaklık değerlerinin ortalaması 18,2°C'dir ve dolun bölümünden daha yüksektir. Sıcaklık ölçümleri ise dolun bölümünde ortalama 16,3°C, laboratuvarda 18,4°C, dış ortamda ise 7,7°C'dir.

Çizelge 4.19. Dolun ve laboratuvar bölümleri konfor parametreleri istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistik	Dolun		Laboratuvar	
	CO ₂ (ppm)	Sıcaklık (°C)	CO ₂ (ppm)	Sıcaklık (°C)
Ortalama	691	16,3	539	18,2
Medyan	698	16,8	529	18,6
Mod	699	17,6	504	19,4
Standart sapma	92,6	3,04	77,1	2,27
Açıklık	545	13	416	11,9
Minimum	421	8,1	400	10,3
Maksimum	966	21,1	816	22,2

Yurtseven (2007) tarafından iki farklı coğrafi bölgedeki ilköğretim okullarında iç ortam havasının insan sağlığına etkileri yönünden değerlendirilmesi çalışmasında farklı iki ilçedeki okullarda ölçülen ortalama CO₂ değerleri 2260 ppm ve 2091 ppm, ortalama sıcaklık değerleri 22,50°C ve 23,45°C'dir. Kuş ve ark.(2008) tarafından üniversite dersliklerinde iç hava kalitesinin değerlendirilmesinde ölçüm yapılan iki derslikte ortalama CO₂ miktarları 1001 ppm ve 1414 ppm olarak bulunmuştur. Bir metal endüstrisindeki çalışma ortamlarının iç hava kalitesinin belirlenmesi çalışmasında imalat bölümünde tüm ölçüm noktalarındaki ortalama CO₂ konsantrasyonları en düşük 537 ppm, en yüksek 675,8 ppm olarak ölçülmüştür (Kurutaş 2009). Ankara'da bir ilköğretim okulunun iç ve dış çevresel özelliklerinin değerlendirilmesinde ortalama CO₂ miktarları sınıfta 1954 ppm, koridorda 1339 ppm, idari odada 1321 ppm olduğu görülmüştür. Bulut (2011) tarafından yapılan bir çalışmada ortalama

CO₂ miktarı konutlarda 1307 ppm, sınıfta 998 ppm, ofiste 885 ppm olarak bulunmuştur. Kore’de bir okulda iç ortam hava kalitesinin incelendiği bir çalışmada; sınıflardaki CO₂ miktarı 519 ppm, 527 ppm, 470 ppm, 510 ppm, 600 ppm ve 660 ppm olarak ölçülmüştür (Sohn ve ark. 2012). Betuz (2012) tarafından kalabalık eğitim mekanlarında iç hava kalitesinin değerlendirilmesi çalışmasında CO₂ konsantrasyonları en düşük 277,89 ppm, en yüksek 1999,08 ppm olarak ölçülmüştür. Toprak ve ark. tarafından (2013) üniversite laboratuvarlarında iç hava kalitesi ve çalışanların mesleki risk etmenleri çalışmasında CO₂ konsantrasyonları en düşük 402 ppm, en yüksek 413 ppm olarak ölçülmüştür.

Bir metal endüstrisindeki çalışma ortamlarının iç hava kalitesinin belirlenmesi çalışmasında; imalat bölümünde ortalama sıcaklık değerleri en düşük 19°C, en yüksek 32°C olarak ölçülmüştür (Kurutaş 2009). Betuz (2012) tarafından kalabalık eğitim mekanlarında iç hava kalitesinin değerlendirilmesi çalışmasında en düşük sıcaklık değeri 18,98°C, en yüksek ise 31,40°C olarak ölçülmüştür. Toprak ve ark. tarafından (2013) üniversite laboratuvarlarında iç hava kalitesi ve çalışanların mesleki risk etmenleri çalışmasında en düşük sıcaklık değeri 26°C, en yüksek ise 30°C olarak ölçülmüştür.

İç ortam ve dış ortam CO₂ konsantrasyon değerleri ile hava değişim akışı ve hava değişim sayısı hesaplanmıştır. Hava değişim akışı, dolum bölümünde 239 m³/saat, laboratuvarda 454,5 m³/saattir. Hava değişim sayısı ise dolum bölümünde 0,249 h⁻¹, laboratuvarda 0,898 h⁻¹ olarak bulunmuştur. Hesaplama sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Hava değişim sayısı laboratuvar bölümünde, sınır değeri olan 0,35 h⁻¹’in üzerindeyken dolum bölümünde ise altındadır. Dolayısıyla, havalandırmanın laboratuvar için yeterli, dolum bölümü için ise yetersiz olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.20. Dolum ve laboratuvar bölümlerinde hava değişim akışı ve hava değişim sayısı

Lokasyon	Hacim (m ³)	Kişi Başı CO ₂ Üretimi (m ³ /saat)	Hava Değişim Akışı (m ³ /saat)	Hava Değişim Sayısı (h ⁻¹)
Dolum	960	0,06	239	0,249
Laboratuvar	506,25	0,045	454,5	0,898

Bulut (2011) tarafından yapılan havalandırma ve iç hava kalitesi açısından CO₂ miktarının analizi çalışmasında; hava değişim sayısı konutta 1,8 h⁻¹, sınıfta 0,42 h⁻¹, ofislerde 0,26 h⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

4.2. Çalışanlara Ait Sağlık Verileri

Çalışanlara ait periyodik sağlık kontrolleri yapılmış olup, PA Akciğer grafiği, solunum fonksiyon testi, GGT, AST, ALT, TCA, kreatinin, kanda kurşun, fenol, hipurik asit sonuçları incelenmiştir. Laboratuvar, boya sprej fırını, renk ayarlama bölümleri, dolun, bazkat boya üretimi, macun üretim ve boya üretim bölümlerinde tüm çalışanlar için periyodik sağlık kontrolleri sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.21-Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Tüm çalışanların PA akciğer grafiği normaldir. Solunum fonksiyon testi sonuçlarında 43 kişi için normal spirometri görülürken, 1 kişi için hafif seviyeli obstriksüyon, 4 kişi için hafif seviyeli restriksüyon görülmüştür. GGT değerleri, laboratuvar ve dolun bölümlerinde çalışan 2 kişi için 50 U/L sınır değerdedir. Renk ayarlama (1.kat) bölümünde çalışan bir kişi için GGT değeri sınır değer üzerinde, 98 U/L'dir. AST ve ALT değerleri tüm çalışanlar için 8-40 U/L ve 8-41 U/L olan normal değerler aralığındadır. Tüm çalışanlar için TCA değeri, sınır değer olan 30 mg/g kr'nin, kanda kurşun değeri, sınır değer olan 20 ug/dl altındadır. Yine tüm çalışanlar için fenol değerleri sınır değer olan 20 mg/g kr ve 40 mg/L sınır değer altındadır. Hipurik asit sonuç değerlerine bakıldığında dolun bölümünde bir kişi için sınır değer olan 1,5 g/gKre üzerinde bir sonuca rastlanmıştır.

Çizelge 4.21. Laboratuvarıda çalışanların periyodik sağlık kontrolü sonuçları

Kişi	Cinsiyet	PA Akciğer Grafiği	Solunum Fonksiyon Testi	GGT (U/L)	SGOT (AST) U/L	SGPT (ALT) U/L	TCA mg/g kr	Kreatinin mg/dL	Kurşun ug/d L	Fenol mg/g kr	Fenol mg/L	Hipurik Asit g/gKre
2. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	43	24	26	16,11	23,54	1,9	15,89	3,74	0,22
3. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	36	26	38	3,24	175,54	1,50	3,69	6,47	0,48
5. kişi	Bayan	Normal	Normal Spirometri	11	25	20	13,12	34,69	1,80	14,72	5,11	0,37
6. kişi	Bayan	Normal	Hafif Seviyeli restriksüyon	18	23	20	4,11	156,69	2,00	16,07	25,18	0,39
9. kişi	Bayan	Normal	Normal Spirometri	12	21	18	7,87	53,02	1,40	11,13	5,90	0,53
12. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	17	13	28	4,61	164,38	4,00	9,10	14,96	0,67
13. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	15	20	26	2,91	182,55	3,90	9,14	16,69	0,63
21. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	23	22	24	1,47	308,54	-	3,31	10,22	0,40
22. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	50	25	32	2,92	259,72	1,80	8,45	21,94	0,85
26. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	23	19	40	6,94	163,99		4,30	7,05	0,49
27. kişi	Erkek	Normal	Hafif Seviyeli restriksüyon	32	33	40	-	-	-	-	-	-
32. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	41	25	26	2,75	234,15	1,10	8,17	19,14	0,59
33. kişi	Bayan	Normal	Normal Spirometri	14	23	22	5,55	47,85	1,40	4,06	1,94	0,74
34. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	41	22	34	3,78	301,28	1,30	6,26	18,85	0,68

Çizelge 4.22. “1” Boya sprey fırınında çalışanların periyodik sağlık kontrolü sonuçları

Kişi	Cinsiyet	PA Akciğer Grafiği	Solunum Fonksiyon Testi	GGT (U/L)	SGOT (AST) U/L	SGPT (ALT) U/L	TCA mg/g kr	Kreatinin mg/dL	Kurşun ug/dL	Fenol mg/g kr	Fenol mg/L	Hipurik Asit g/gKre
4. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	21	20	15	2,28	398,27	2,10	5,27	21,01	0,31
23. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	22	20	23	3,33	136,68	2,10	7,90	10,79	1,33

Çizelge 4.23. “3” Renk ayarlama bölümünde çalışanların periyodik sağlık kontrolü sonuçları

Kişi	Cinsiyet	PA Akciğer Grafiği	Solunum Fonksiyon Testi	GGT (U/L)	SGOT (AST) U/L	SGPT (ALT) U/L	TCA mg/g kr	Kreatinin mg/dL	Kurşun ug/dL	Fenol mg/g kr	Fenol mg/L	Hipurik Asit g/gKre
20. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	12	22	15	3,24	93,48	2,90	5,54	5,18	0,55
40. kişi	Erkek	Normal	Hafif Seviyeli restriksüyon	27	19	17	6,05	131,65	-	7,71	10,14	0,84
46. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	22	23	22	2,82	187,99	-	10,83	20,36	1,07

Çizelge 4.24. “4” Dolum bölümünde çalışanların periyodik sağlık kontrolü sonuçları

Kişi	Cinsiyet	PA Akciğer Grafîği	Solunum Fonksiyon Testi	GGT (U/L)	SGOT (AST) U/L	SGPT (ALT) U/L	TCA mg/g kr	Kreatinin mg/dL	Kurşun ug/dL	Fenol mg/g kr	Fenol mg/L	Hipurik Asit g/gKre
10. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	27	21	8	5,68	126,72	1,10	5,68	7,19	1,23
11. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	24	21	26	8,91	114,91	-	14,84	17,05	0,71
25. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	12	19	16	2,56	266,60	-	7,64	20,36	0,46
28. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	17	21	18	2,68	197,89	1,80	3,64	7,19	0,84
29. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	20	40	25	6,37	131,37	-	9,04	11,87	0,84
30. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	49	26	40	2,74	138,59	-	2,60	3,60	0,51
35. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	50	40	39	4,51	361,40	-	6,55	23,67	0,76
36. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	17	24	25	5,05	97,55	-	9,00	8,78	0,75
41. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	31	23	31	3,48	207,30	-	7,05	14,60	0,65
43. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	44	30	33	7,23	278,06	-	6,96	19,35	0,27
44. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	11	25	12	5,48	159,13	-	9,49	15,11	1,87
45. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	19	25	19	4,06	149,44	-	5,63	8,42	0,85

Çizelge 4.25. “5” Bazkat boya üretim bölümünde çalışan kişinin periyodik sağlık kontrolü sonuçları

Kişi	Cinsiyet	PA Akciğer Grafîği	Solunum Fonksiyon Testi	GGT (U/L)	SGOT (AST) U/L	SGPT (ALT) U/L	TCA mg/g kr	Kreatinin mg/dL	Kurşun ug/dL	Fenol mg/g kr	Fenol mg/L	Hipurik Asit g/gKre
42. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	12	26	24	5,68	153,60	-	8,10	12,45	1,13

Çizelge 4.26. “6” Macun üretim bölümünde çalışanların periyodik sağlık kontrolü sonuçları

Kişi	Cinsiyet	PA Akciğer Grafîği	Solunum Fonksiyon Testi	GGT (U/L)	SGOT (AST) U/L	SGPT (ALT) U/L	TCA mg/g kr	Kreatinin mg/dL	Kurşun ug/dL	Fenol mg/g kr	Fenol mg/L	Hipurik Asit g/gKre
1. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	16	22	24	4,6	115,34	-	8,48	9,78	1,13
7. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	38	23	23	5,56	211,35	-	6,13	12,95	0,28
8. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	12	23	26	3,64	124,88	-	8,03	10,36	0,64
17. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	29	18	23	1,24	214,64	-	1,51	3,24	0,34
31. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	45	21	13	2,55	222,93	-	11,97	26,69	0,72

Çizelge 4.27. “7” ve “9” Boya üretim bölümünde çalışanların periyodik sağlık kontrolü sonuçları

Kişi	Cinsiyet	PA Akciğer Grafîği	Solunum Fonksiyon Testi	GGT (U/L)	SGOT (AST) U/L	SGPT (ALT) U/L	TCA mg/g kr	Kreatinin mg/dL	Kurşun ug/dL	Fenol mg/g kr	Fenol mg/L	Hipurik Asit g/gKre
14. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	17	38	25	0,94	200,95	13,40	8,31	16,69	0,76
15. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	35	24	22	3,10	171,45	6,00	8,94	15,32	1,00
37. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	13	17	17	2,48	76,52	11,60	10,62	8,13	1,03
48. kişi	Erkek	Normal	Hafif Seviyeli restriksüyon	22	24	22	2,05	240,83	1,20	9,44	22,73	1,10

Çizelge 4.28. “8” Renk ayarlama (1.kat) bölümünde çalışanların periyodik sağlık kontrolü sonuçları

Kişi	Cinsiyet	PA Akciğer Grafîği	Solunum Fonksiyon Testi	GGT (U/L)	SGOT (AST) U/L	SGPT (ALT) U/L	TCA mg/g kr	Kreatinin mg/dL	Kurşun ug/dL	Fenol mg/g kr	Fenol mg/L	Hipurik Asit g/gKre
16. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	98	28	24	-	-	1,60	-	-	-
19. kişi	Erkek	Normal	Normal Spirometri	44	20	23	-	-	2,20	-	-	-

4.2.1. Çalışanlara Ait Sağlık Verileri için İstatistiksel Analiz Sonuçları

Çalışanlara ait sağlık verileri, PA akciğer grafiği sonuçlarının tüm çalışanlar için normal olduğunu göstermiştir.

Solunum fonksiyon testi sonuçlarının frekans dağılımı aşağıdaki Çizelge 4.29'da verilmiştir. Sonuçlarda, 43 kişi için normal spirometri görülürken, 1 kişide hafif seviyeli obstriksüyon, 4 kişide hafif seviyeli restriksüyon görülmüştür.

Çizelge 4.29.Solunum fonksiyon testi frekans dağılım tablosu

Solunum Fonksiyon Testi				
	Frekans	Yüzdeler	Geçerli Yüzdeler	Kümülatif Yüzdeler
Hafif Seviyeli Obstriksüyon	1	2,1	2,1	2,1
Hafif Seviyeli Restriksüyon	4	8,3	8,3	10,4
Normal Spirometri	43	89,6	89,6	100
Toplam	48	100	100	

Çalışanların çalışma süresi ve diğer sağlık verilerinin minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri aşağıdaki Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.30. Diğer sağlık verilerinin tanımlayıcı istatistikleri

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Çalışma Süresi (yıl)	48	0,6666667	34	6,493056	7,40367284
Ağırlık (kg)	48	52	115	75,1	12,298
GGT (U/L)	48	11	98	26,9	15,806
SGOT (AST) U/L	48	13	40	24,19	5,734
SGPT (ALT) U/L	48	8	40	23,98	7,473
TCA (Trikloroasetik Asit) mg/g kr	45	0,94	16,11	4,719667	3,2398338
TCA (Trikloroasetik Asit) mg/L	45	1,9	20,09	6,663778	3,5023942
Kreatinin mg/dL	45	23,54	398,27	173,2549	82,3736691
Kreatinin g/L	45	0,24	3,98	1,733333	0,8228802
Kurşun ug/dL	23	1,1	13,4	3,104348	3,1926732
Fenol mg/g kr	45	1,51	16,07	8,297333	3,4481559
Fenol mg/L	45	1,94	26,69	13,32978	6,7655795
Hipurik Asit g/gKre	45	0,22	1,89	0,769556	0,3949106
Hipurik Asit g/L	45	0,05	3,81	1,269111	0,7598798

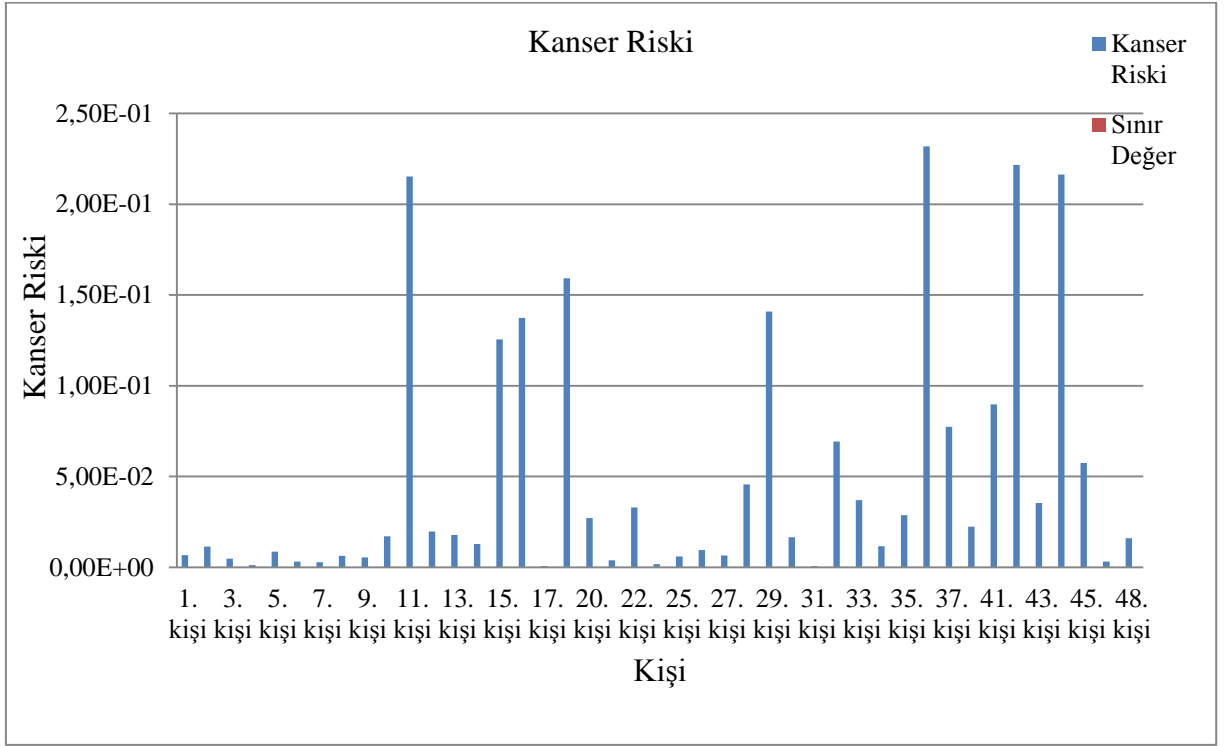
4.3. İç Ortam Hava Kalitesinin Çalışanlar Üzerine Etkileri

4.3.1. Kanser Riski Hesabı Sonuçları

4.3.1.1. İç Ortam UOB Riskleri

İşletmede iç ortam kirleticilerine maruz kalan çalışanlar için ayrı ayrı kanser riski hesaplanmıştır. Kanser risk faktörü, değerlendirme yapılan bileşiklerden benzen ve 1,2-dibromoetan için yayınlanmış bulunmaktadır. Kabul edilebilir kanser riski seviyesi USEPA tarafından kullanılan ve tavsiye edilen $1,0 \times 10^{-6}$ olarak kabul edilmiştir. Ortamda benzen ve 1,2-dibromoetan veya sadece benzen ihtiva eden tüm bölümlerdeki çalışanlar için hesaplanan değerlerin bu düzeyin üzerinde olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu UOB'lerin kanser riski oluşturduğu söylenebilir. İşletmede sadece bazkat boya üretiminde 1,2-dibromoetandan kaynaklı kanser riski varken, diğer tüm bölümlerde ortamda 1,2-dibromoetan ve benzeneden

kaynaklı kanser riski olduğu görülmüştür. En yüksek kanser riski dolun bölümünde çalışan 36. kişide görülmüştür (Şekil 4.12).



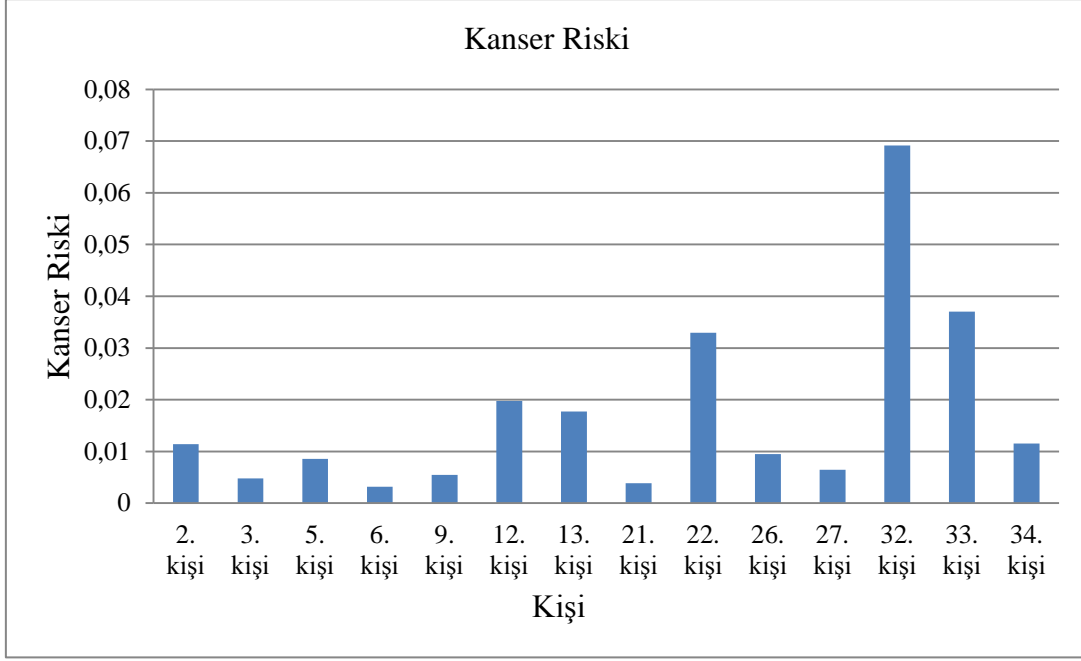
Şekil 4.12. Çalışanlar için kanser riski

Her bir bölümde kirleticilere maruz kalan çalışanların vücut ağırlıkları, işletmede çalışma süreleri ve kanser riski hesabı sonuçları Çizelge 4.31-Çizelge 4.38'de listelenmektedir.

Çizelge 4.31. “1” Laboratuvar çalışanları için CDI ve kanser riski değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz		Kanser Riski
			Benzen CDI (mg/kg.gün)	1,2-Dibromoetan CDI (mg/kg.gün)	
2. kişi	2,5	65	0,000941	0,005684	0,011401
3. kişi	1,0	62	0,000395	0,002384	0,004781
5. kişi	1,5	52	0,000706	0,004263	0,008551
6. kişi	0,7	62	0,000263	0,001589	0,003187
9. kişi	1,0	54	0,000453	0,002737	0,00549
12. kişi	5,0	75	0,001631	0,009853	0,019762
13. kişi	4,0	67	0,001461	0,008823	0,017698
21. kişi	1,5	115	0,000319	0,001928	0,003867
22. kişi	10,0	90	0,002719	0,016421	0,032937
26. kişi	2,5	78	0,000784	0,004737	0,009501
32. kişi	21,0	90	0,00571	0,034484	0,069168
33. kişi	8,0	64	0,003059	0,018474	0,037055

Aşağıdaki Şekil 4.13'te görüldüğü gibi laboratuvarında aynı kirleticilere maruz kalan çalışanlardan en yüksek kanser riski taşıyan 21 yıldır işletmede çalışan 32. kişidir. Bu kişi için kanser riski 0,069168 seviyesindedir. Bunu 33. ve 22. kişi takip etmektedir. En düşük kanser riski taşıyan kişi ise 8 aydır işletmede çalışan 6. kişidir.

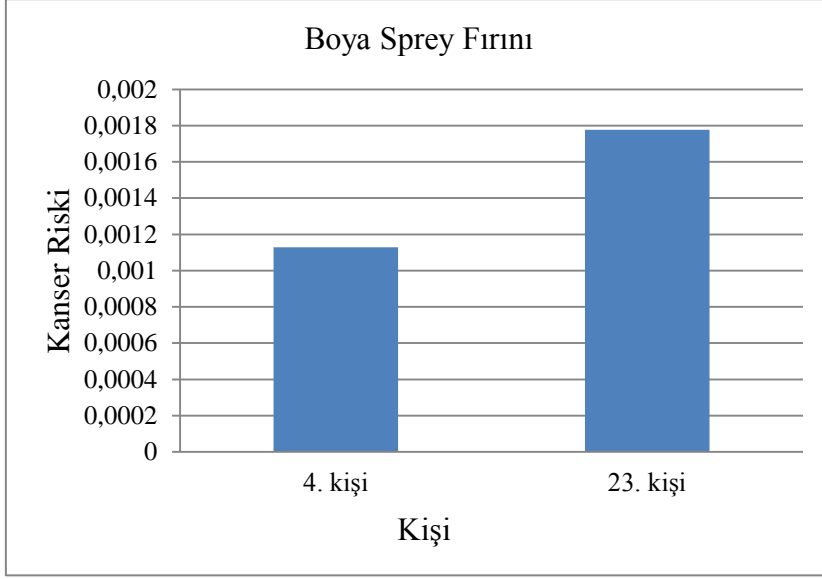


Şekil 4.13. “1” Laboratuvarda çalışanlar için kanser risk değerleri

Çizelge 4.32. “2” Boya sprey firmı çalışanları için CDI ve kanser riski değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz		Kanser Riski
			Benzen CDI (mg/kg.gün)	1,2-Dibromoetan CDI (mg/kg.gün)	
4. kişi	1,5	85	0,00043	0,00056	0,00113
23. kişi	2,0	72	0,00068	0,00088	0,00178

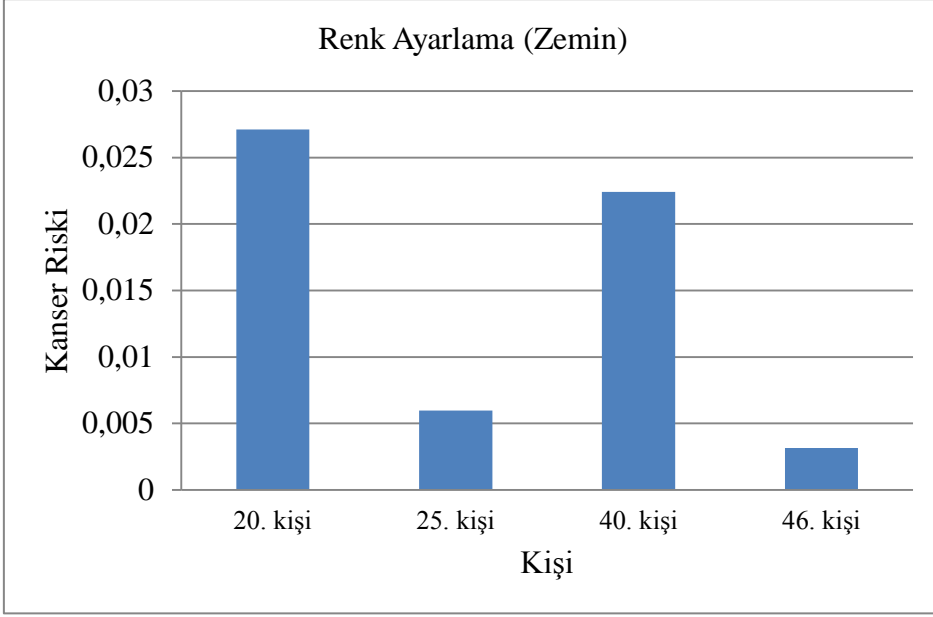
Boya sprey firmında çalışan iki kişiden en yüksek kanser riski taşıyan 2 yıldır işletmede çalışan 23. kişidir. Risk seviyesi 0,001776'dır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14.“2” Boya spreyl fırınında çalışanlar için kanser riski değerleri

Çizelge 4.33. “3” Renk ayarlama (zemin) çalışanları için CDI ve kanser riski değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz		Kanser Riski
			Benzen CDI (mg/kg.gün)	1,2-Dibromoetan CDI (mg/kg.gün)	
20. kişi	17,0	75	0,00557	0,01345	0,0271
25. kişi	4,0	80	0,00123	0,00297	0,00598
40. kişi	12,0	64	0,0046	0,01113	0,02242
46. kişi	2,0	76	0,00065	0,00156	0,00315



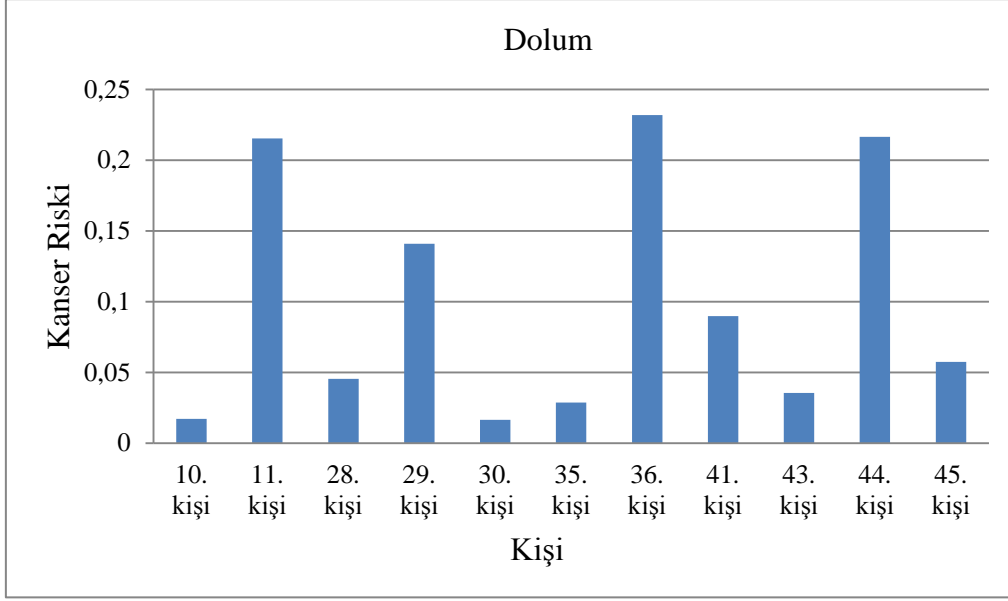
Şekil 4.15. “3” Renk ayarlama (zemin) çalışanları için kanser riski değerleri

Renk ayarlama bölümünde çalışanlardan en yüksek kanser riski taşıyan 17 yıldır işletmede çalışan 20. kişidir. Risk değeri 0,0271’dir. Bunu 40. kişi takip etmektedir (Şekil 4.15).

Çizelge 4.34. “4” Dolum çalışanları için CDI ve kanser riski değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz		Kanser Riski
			Benzen CDI (mg/kg.gün)	1,2-Dibromoetan CDI (mg/kg.gün)	
10. kişi	1,0	84	0,0003	0,00854	0,01708
11. kişi	10,5	70	0,00372	0,10755	0,21522
28. kişi	2,0	63	0,00079	0,02276	0,04555
29. kişi	5,5	56	0,00244	0,07042	0,14092
30. kişi	1,0	87	0,00029	0,00824	0,01649
35. kişi	2,0	100	0,0005	0,01434	0,0287
36. kişi	10,5	65	0,00401	0,11582	0,23178
41. kişi	5,0	80	0,00155	0,04481	0,08968
43. kişi	2,0	81	0,00061	0,0177	0,03543
44. kişi	9,5	63	0,00374	0,10811	0,21636

Aşağıdaki Şekil 4.16’da görüldüğü gibi dolum bölümünde çalışanlardan 3 kişi için kanser riski değeri yüksektir. Bu kişilerin, diğerlerine göre daha uzun süre işletmede çalıştıkları görülmektedir. En düşük kanser risk taşıyan kişi ise 1 yıldır işletmede çalışan 10. kişidir.



Şekil 4.16. “4” Dolum çalışanları için kanser riski değerleri

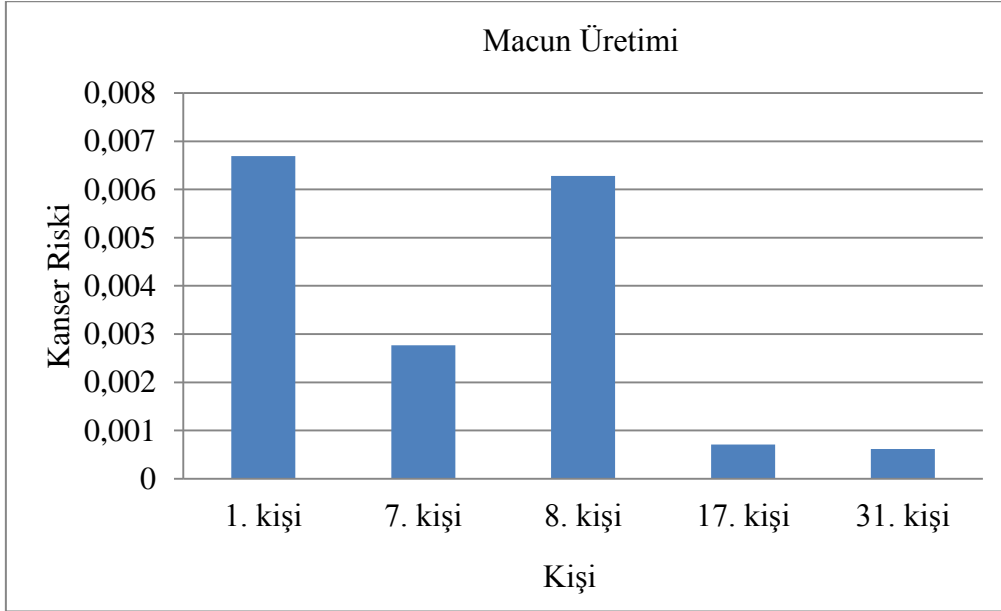
Çizelge 4.35. “5” Bazkat boya üretim bölümü çalışanları için CDI ve kanser risk değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz		Kanser Riski
			Benzen CDI (mg/kg.gün)	1,2-Dibromoetan CDI (mg/kg.gün)	
42. kişi	5,0	62	0	0,11084	0,22167

Çizelge 4.36. “6” Macun üretim bölümü çalışanları için CDI ve kanser riski değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz		Kanser Riski
			Benzen CDI (mg/kg.gün)	1,2-Dibromoetan CDI (mg/kg.gün)	
1. kişi	10,0	67	0,00368	0,00328	0,00669
7. kişi	5,0	81	0,00152	0,00136	0,00277
8. kişi	10,5	75	0,00345	0,00308	0,00628
17. kişi	1,0	63	0,00039	0,00035	0,00071
31. kişi	1,0	73	0,000338	0,000301	0,000614

Macun üretim bölümünde çalışanlardan iki kişi (1. ve 8. kişi), diğerlerine göre yüksek kanser riski taşımaktadır. 8. kişinin çalışma yılı daha fazla olmasına rağmen 1. kişi için kanser riski daha yüksektir. Risk değerlerinin 1. kişinin vücut ağırlığının daha düşük olmasıyla ilişkili olduğu görülmüştür. En düşük kanser risk taşıyan kişi ise 1 yıldır işletmede çalışan 31. kişidir (Şekil 4.17).



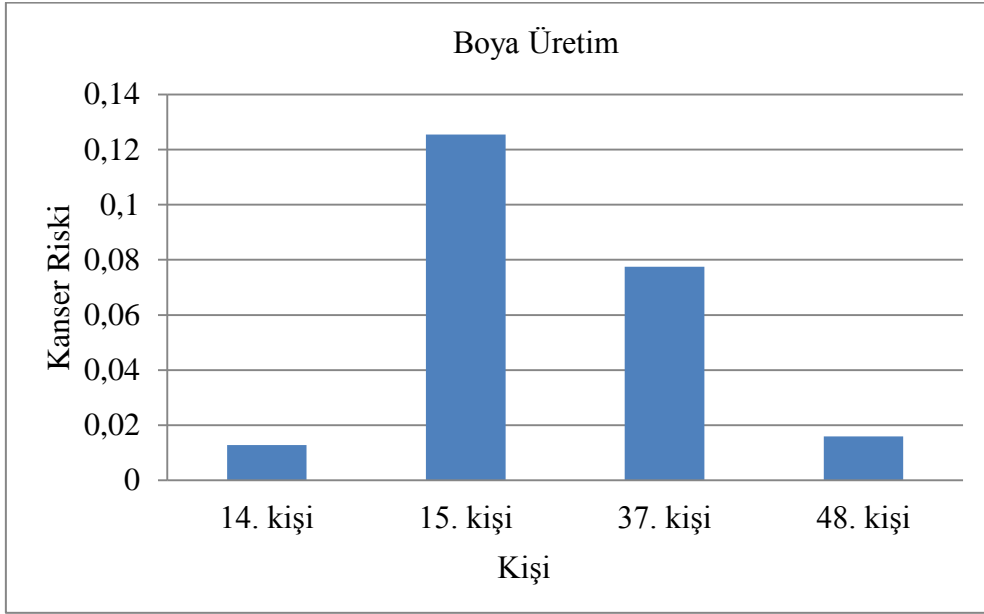
Şekil 4.17. “6” Macun üretim bölümü çalışanları için kanser riski değerleri

Çizelge 4.37. “7” ve “9” Boya üretim bölümü çalışanları için CDI ve kanser riski değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz		Kanser Riski
			Benzen CDI (mg/kg.gün)	1,2-Dibromoetan CDI (mg/kg.gün)	
14. kişi	1,0	87	0,00028	0,0064	0,01282
15. kişi	9,0	80	0,00277	0,06268	0,12545
37. kişi	5,0	72	0,00171	0,03869	0,07744
48. kişi	1,0	70	0,00035	0,00796	0,01593

Aşağıdaki Şekil 4.18’de görüldüğü gibi boya üretim bölümünde çalışanlardan en yüksek kanser riski taşıyan 9 yıldır işletmede çalışan 15. kişidir. Risk seviyesi 0,12545’tir. En

düşük kanser risk taşıyan kişi ise bölümde en kısa süreli çalışan ve aynı çalışma süresine sahip kişilerden vücut ağırlığı daha yüksek olan 14. kişidir.

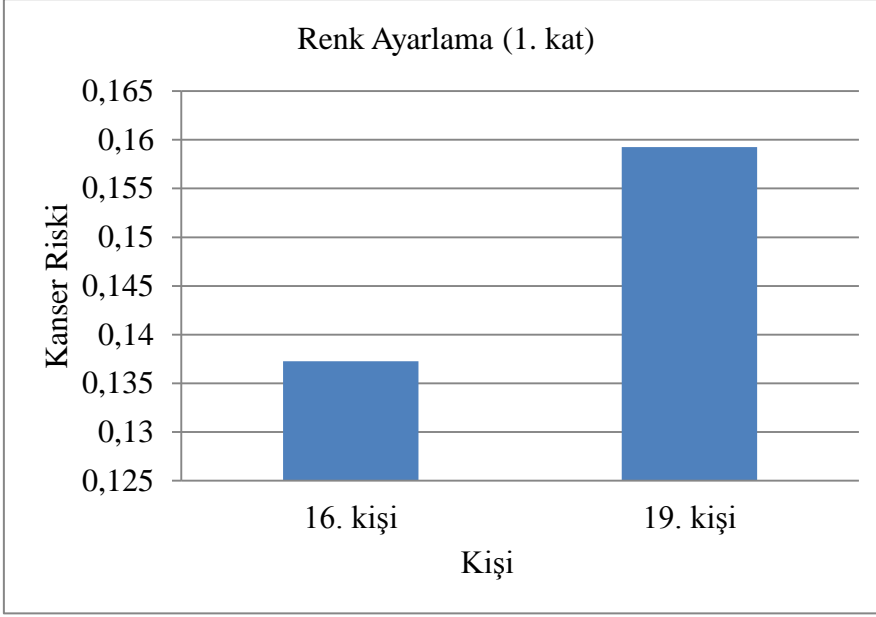


Şekil 4.18. “7” ve “9” Boya üretim bölümü çalışanları için kanser riski değerleri

Çizelge 4.38. “8” Renk ayarlama (1. kat) çalışanları için CDI ve kanser riski değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz		Kanser Riski
			Benzen CDI (mg/kg.gün)	1,2-Dibromoetan CDI (mg/kg.gün)	
16. kişi	34,0	87	0,009537	0,068471	0,137276
19. kişi	34,0	75	0,011063	0,079427	0,159241

Renk ayarlama (1. kat) bölümünde çalışanlardan en yüksek kanser risk taşıyan 34 yıldır işletmede çalışan 19. kişidir. Aynı bölümde çalışan iki kişinin de çalışma süreleri eşit olmasına rağmen vücut ağırlıklarına bağlı olarak kanser risk değerlerinde farklılık görülmektedir. Vücut ağırlığı düşük olan kişinin kanser risk değeri daha yüksektir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. “8” Renk ayarlama (1. kat) çalışanları için kanser riski değerleri

Kocaeli şehir merkezinde uçucu organik bileşik seviyelerinin belirlenmesi ve risk değerlendirmesinin yapıldığı çalışmada farklı noktalarda yapılan UOB konsantrasyon ölçümleri sonucu en yüksek kanser riski $8,58 \times 10^{-7}$ olarak hesaplanmıştır (Çökelek 2008). Akal (2011) tarafından yapılan Hacettepe Üniversitesi kimya mühendisliği bölümü iç ortamında hava kirleticilerinin belirlenmesi ve sağlık etkilerinin değerlendirilmesi çalışmasında kanser riski benzen için 3×10^{-5} , formaldehit için 3×10^{-5} olarak hesaplanmıştır.

4.3.1.2. Kişisel Maruziyet UOB Riskleri

İşletmede çalışan 7 kişiye yapılan kişisel maruziyet UOB ölçümü sonucu bu kişiler için kanser riski hesaplanmıştır. Kronik günlük doz ve kanser riski hesaplama sonuçları Çizelge 4.39-Çizelge 4.44’de verilmiştir. Kanser risk faktörü, dibromoklorometan, 1,2-dibromoetan, bromoform, trans-1,3-dikloropropen ve tetrakloroetan için yayınlanmış bulunmaktadır. Bu risk faktörleri USEPA IRIS veri tabanından alınmıştır. 7 kişi için hesaplanan kanser riski değerlerinin USEPA tarafından sınır değer kabul edilen $1,0 \times 10^{-6}$ düzeyin üzerinde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu UOB’lerin kanser riski oluşturduğu söylenebilir. En yüksek kanser riski 15,12187 değer ile boya karışım (1.kat) bölümünde 34 yıldır çalışan 19. kişide görülürken, macun üretim bölümünde çalışan 7. kişi için maruz kaldığı kirletici bulunmadığından kanser riski söz konusu değildir.

Çizelge 4.39. Laboratuvarında çalışan 5. kişi için CDI ve kanser riski değerleri

Parametre	Kronik Günlük Doz CDI (mg/kg.gün)	Kanser Riski
1,1-Dikloropropen	0,00774265	-
Trans-1,3-Dikloropropen	0,00076801	7,68E-05
Toluen	0,01209184	-
Klorobenzen	0,00168596	-
Etilbenzen	0,00280034	-
m,p-Ksilen	0,00401914	-
Bromoform	0,0015669	1,24E-05
o-Ksilen	0,00157712	-
TOPLAM	-	8,92E-05

Çizelge 4.40. Boya sprey fırınında çalışan 23. kişi için CDI ve kanser riski değerleri

Parametre	Kronik Günlük Doz CDI (mg/kg.gün)	Kanser Riski
Tetrakloroetan	0,00287702	7,48E-05
TOPLAM	-	7,48E-05

Çizelge 4.41. Dolum bölümünde çalışan 41. kişi için CDI ve kanser riski değerleri

Parametre	Kronik Günlük Doz CDI (mg/kg.gün)	Kanser Riski
Toluen	0,01294116	-
1,2-Dibromoetan	0,08917861	0,17836
Etilbenzen	0,00432581	-
m,p-Ksilen	0,00680948	-
Bromoform	0,0019632	1,55E-05
o-Ksilen	0,00171122	-
TOPLAM	-	0,17837

Çizelge 4.42. Boya üretim (karışım) bölümünde çalışan 37. kişi için CDI ve kanser riski değerleri

Parametre	Kronik Günlük Doz CDI (mg/kg.gün)	Kanser Riski
1,1-Dikloropropen	0,00377337	-
Toluen	0,14315957	-
Dibromoklorometan	0,00245934	0,00021
1,2-Dibromoetan	1,08662694	2,17325
Etilbenzen	0,04982157	-
m,p-Ksilen	0,07736578	-
Bromoform	0,00281008	2,22E-05
o-Ksilen	0,01592024	-
2-Klorotoluen	0,00173467	-
TOPLAM	-	2,17348

Çizelge 4.43. Boya üretim (1. kat) bölümünde çalışan 16. kişi için CDI ve kanser riski değerleri

Parametre	Kronik Günlük Doz CDI (mg/kg.gün)	Kanser Riski
Toluen	2,41498949	-
1,2-Dibromoetan	0,76459594	1,52919
TOPLAM	-	1,52919

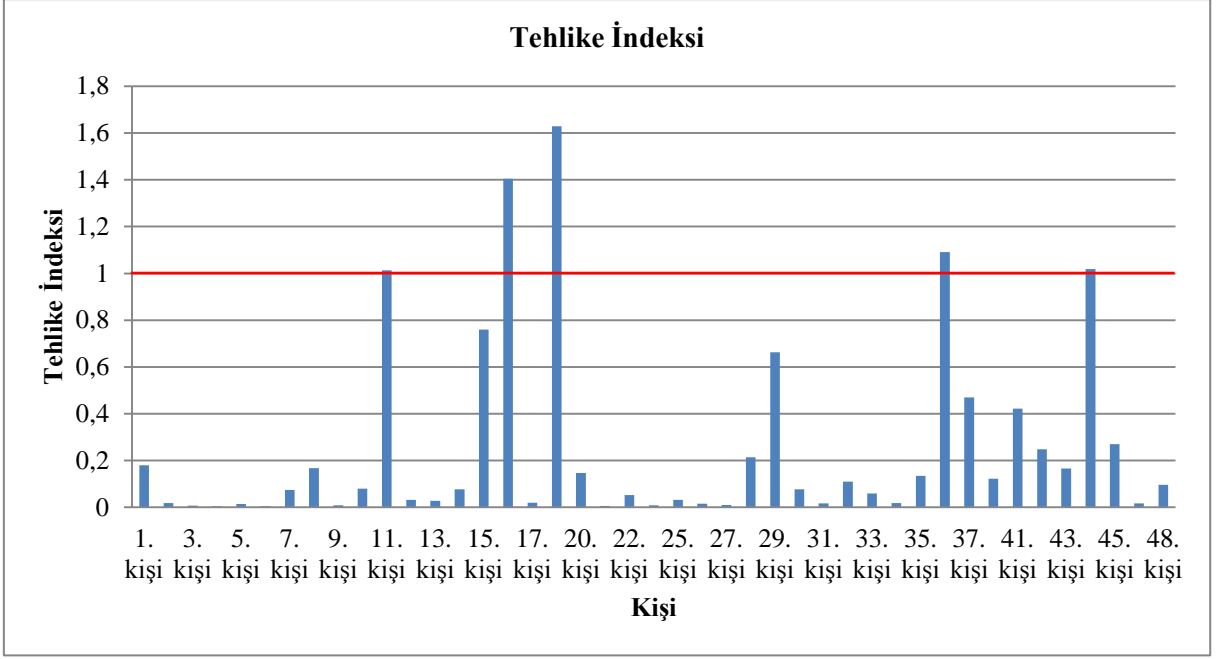
Çizelge 4.44. Boya üretim (1. kat) bölümünde çalışan 19. kişi için CDI ve kanser riski değerleri

Parametre	Kronik Günlük Doz CDI (mg/kg.gün)	Kanser Riski
1,1-Dikloropropen	0,02407094	-
1,2-Dibromoetan	7,56080037	15,12160
Klorobenzen	0,01800359	-
Etilbenzen	0,02620616	-
m,p-Ksilen	0,04009339	-
Bromoform	0,03427653	0,00027
o-Ksilen	0,01612119	-
TOPLAM	-	15,12187

4.3.2. Tehlike İndeksi Hesabı Sonuçları

4.3.2.1. İç Ortam UOB Riskleri

İşletmede iç ortam kirleticilere maruz kalan çalışanlar için tehlike indeksi değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar, Çizelge 4.45-Çizelge 4.52’de listelenmektedir. Referans doz (RfD) değerleri, ortamda bulunan bileşiklerden 2-klorotoluen, klorobenzen, toluen, etilbenzen, m,p-ksilen, o-ksilen, ve stiren için yayınlanmış bulunmaktadır. Kabul edilebilir tehlike indeksi seviyesi USEPA tarafından kullanılan $HI < 1$ olduğunda bir riskten söz etmek mümkün değildir. Çalışanlar için hesaplanan tehlike indeksi değerleri Şekil 4.20’de görülmektedir. En yüksek tehlike indeksi 19. kişi için, en düşük tehlike indeksi 6. kişi için hesaplanmış olup, 5 kişi için tehlike indeksi $HI > 1$ olduğundan kronik toksik risk söz konusudur.



Şekil 4.20. Çalışanlar için tehlike indeksi değerleri

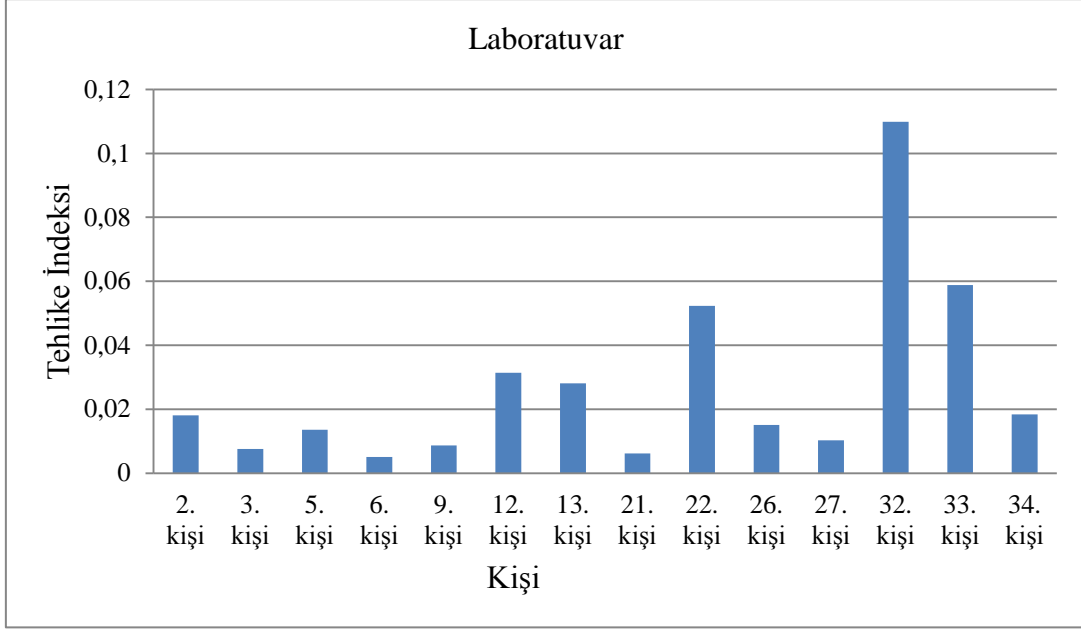
“1” Laboratuvar

Laboratuvardaki iç ortam kirleticilere maruz kalan çalışanlar için kronik günlük doz ve tehlike indeksi değerleri Çizelge 4.45’te listelenmektedir. Laboratuvar çalışanları için tehlike indeksi değerleri $HI < 1$ olduğundan, risk söz konusu değildir.

Çizelge 4.45. “1” Laboratuvar çalışanları için CDI ve tehlike indeksi değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz		Tehlike İndeksi
			Etilbenzen CDI (mg/kg.gün)	m,p-Ksilen CDI (mg/kg.gün)	
2. kişi	2,5	65	0,00123	0,00115	0,01811
3. kişi	1,0	62	0,00052	0,00048	0,0076
5. kişi	1,5	52	0,00093	0,00087	0,01358
6. kişi	0,7	62	0,00034	0,00032	0,00506
9. kişi	1,0	54	0,00059	0,00056	0,00872
12. kişi	5,0	75	0,00214	0,002	0,03139
13. kişi	4,0	67	0,00192	0,00179	0,02811
21. kişi	1,5	115	0,00042	0,00039	0,00614
22. kişi	10,0	90	0,00356	0,00334	0,05232
26. kişi	2,5	78	0,00103	0,00096	0,01509
32. kişi	21,0	90	0,00748	0,00701	0,10988
33. kişi	8,0	64	0,00401	0,00375	0,05886

Aşağıdaki Şekil 4.21’de görüldüğü gibi laboratuvarında çalışanlardan en yüksek kronik toksik risk taşıyan, bu bölümde en uzun süre çalışan 32. kişidir. En düşük risk taşıyan kişi ise 8 aydır işletmede çalışan 6. kişidir.



Şekil 4.21. “1” Laboratuvar çalışanları için tehlike indeksi değerleri

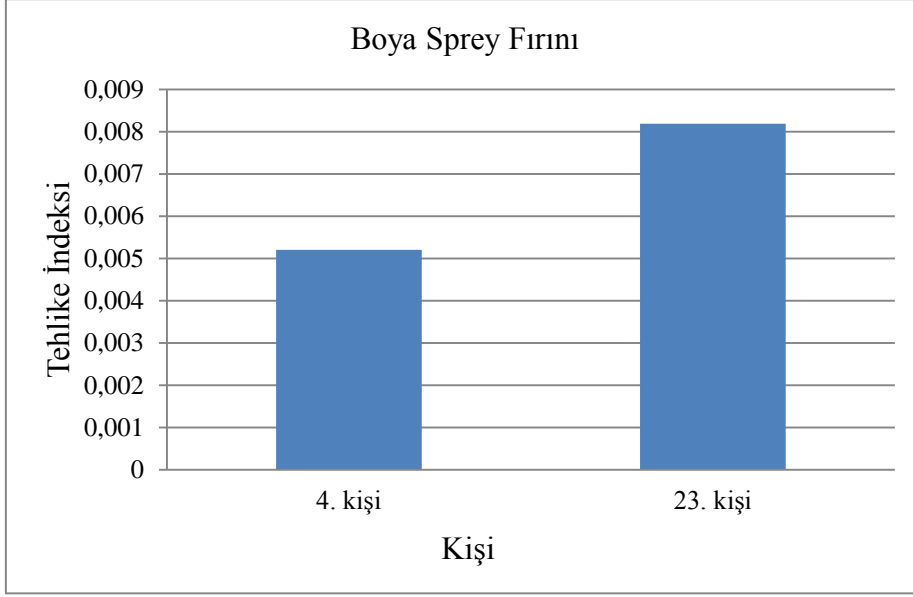
“2” Boya Sprey Fırını

Boya sprej fırınında çalışan iki kişi için etilbenzenden kaynaklı kronik günlük doz ve tehlike indeksi değerleri Çizelge 4.46’da gösterilmektedir. Tehlike indeksi $HI < 1$ olduğundan risk söz konusu değildir.

Çizelge 4.46. “2” Boya sprej fırını çalışanları için CDI ve tehlike indeksi değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz	Tehlike İndeksi
			Etilbenzen CDI (mg/kg.gün)	
4. kişi	1,5	85	0,00052	0,005203
23. kişi	2,0	72	0,000819	0,008189

Aynı bölümde çalışan iki kişiden çalışma yılı daha fazla olan 23. kişinin, daha yüksek kronik toksik risk taşıdığı görülmektedir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22.“2” Boya sprej fırını çalışanları için tehlike indeksi değerleri

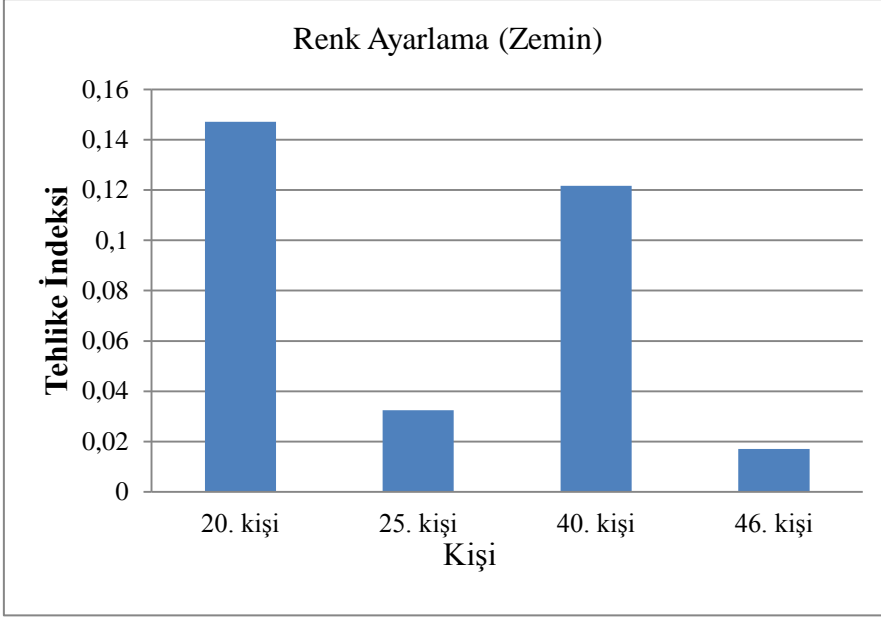
“3” Renk Ayarlama (zemin)

Renk ayarlama bölümünde, kirleticilere maruz kalan çalışanlar için tehlike indeksi değerleri incelendiğinde tüm çalışanlar için $HI < 1$ olduğundan kronik toksik risk söz konusu değildir (Çizelge 4.47).

Çizelge 4.47. “3” Renk ayarlama (zemin) çalışanları için kronik toksik doz ve tehlike indeksi değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz			Tehlike İndeksi
			Etilbenzen CDI (mg/kg.gün)	m,p-Ksilen CDI (mg/kg.gün)	o-Ksilen CDI (mg/kg.gün)	
20. kişi	17,0	75	0,00749	0,00726	0,00717	0,14705
25. kişi	4,0	80	0,00165	0,0016	0,00158	0,03244
40. kişi	12,0	64	0,0062	0,006	0,00593	0,12164
46. kişi	2,0	76	0,00087	0,00084	0,00083	0,01707

Şekil 4.23’te görüldüğü gibi renk ayarlama bölümünde çalışanlardan en yüksek kronik toksik risk taşıyan 17 yıldır işletmede çalışan 20. kişidir. Risk değeri 0,1470499’dur. En düşük kronik toksik risk taşıyan kişi ise bu bölümde en az çalışma süresine sahip 46. kişidir.



Şekil 4.23. “3” Renk ayarlama (zemin) çalışanları için tehlike indeksi değerleri

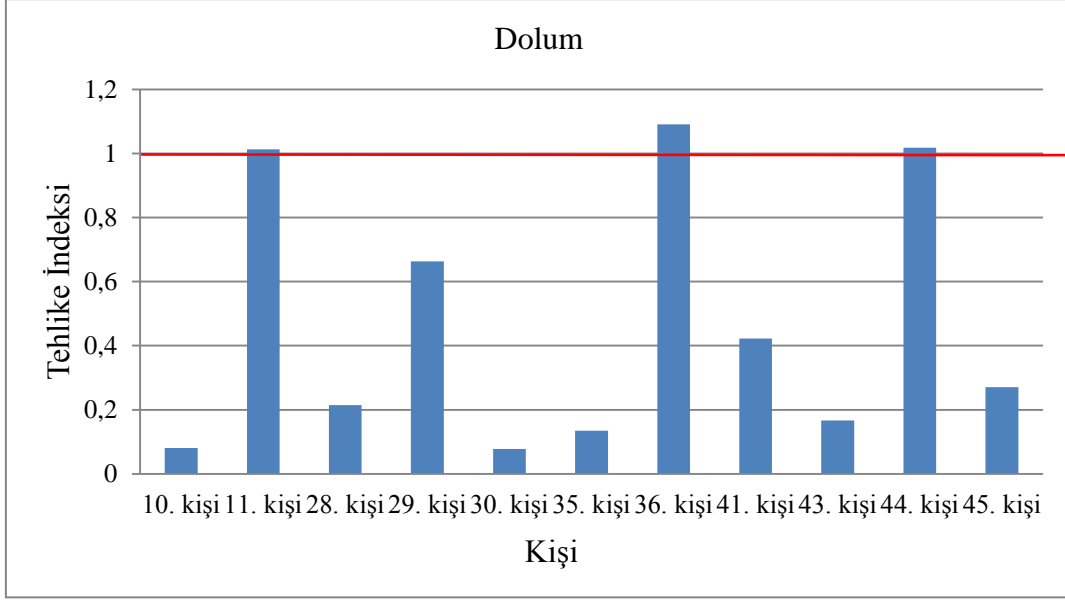
“4” Dolum

Dolum bölümünde iç ortam kirleticilere maruz kalan çalışanlar için hesaplanan kronik günlük doz ve tehlike indeksi değerleri Çizelge 4.48’de verilmiştir. 11. kişi, 36. kişi ve 44. kişi için tehlike indeksi $HI > 1$ olduğundan kronik toksik risk söz konusudur. Bu bölümünde çalışan diğer kişiler için tehlike indeksi $HI < 1$ olduğundan risk görülmemektedir.

Çizelge 4.48. “4” Dolum çalışanları için CDI ve tehlike indeksi değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz					Tehlike İndeksi
			Etilbenzen CDI (mg/kg.gün)	m,p-Ksilen CDI (mg/kg.gün)	o-Ksilen CDI (mg/kg.gün)	Toluen CDI (mg/kg.gün)	2-Klorotoluen CDI (mg/kg.gün)	
10. kişi	1,0	84	0,00045	0,00046	0,00042	0,00431	0,00035	0,08038
11. kişi	10,5	70	0,00563	0,00579	0,00526	0,05435	0,00444	1,01273
28. kişi	2,0	63	0,00119	0,00123	0,00111	0,0115	0,00094	0,21433
29. kişi	5,5	56	0,00368	0,00379	0,00344	0,03559	0,00291	0,6631
30. kişi	1,0	87	0,00043	0,00044	0,0004	0,00416	0,00034	0,0776
35. kişi	2,0	100	0,00075	0,00077	0,0007	0,00725	0,00059	0,13503
36. kişi	10,5	65	0,00606	0,00623	0,00566	0,05853	0,00478	1,09063
41. kişi	5,0	80	0,00234	0,00241	0,00219	0,02265	0,00185	0,42197
43. kişi	2,0	81	0,00093	0,00095	0,00087	0,00895	0,00073	0,1667
44. kişi	9,5	63	0,00566	0,00582	0,00528	0,05464	0,00446	1,01809

Dolum bölümünde çalışan kişilerden çalışma süreleri birbirine yakın olan 3 kişi için yüksek kronik toksik risk değerleri görülmüştür. İşletmede 10,5 yıldır çalışan 36. kişi için risk değeri 1,0906326'tir. En düşük kronik toksik risk taşıyan kişi ise 1 yıldır işletmede çalışan 10. kişidir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. "4" Dolum çalışanları için tehlike indeksi değerleri

"5" Bazkat Boya Üretimi

Bazkat boya üretim bölümünde çalışan bir kişinin maruz kaldığı kirletici konsantrasyonlarıyla kronik günlük doz ve tehlike indeksi değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.49'da görüldüğü gibi tehlike indeksi $HI < 1$ olduğundan risk söz konusu değildir.

Çizelge 4.49. "5" Bazkat boya üretim bölümü çalışanları için CDI ve tehlike indeksi değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz					Tehlike İndeksi
			Etilbenzen CDI (mg/kg.gün)	m,p-Ksilen CDI (mg/kg.gün)	o-Ksilen CDI (mg/kg.gün)	Toluen CDI (mg/kg.gün)	2-Klorotoluen CDI(mg/kg.gün)	
42. kişi	5,0	62	0,003301	0,0034364	0,0028607	0,0052723	0,002367	0,24875

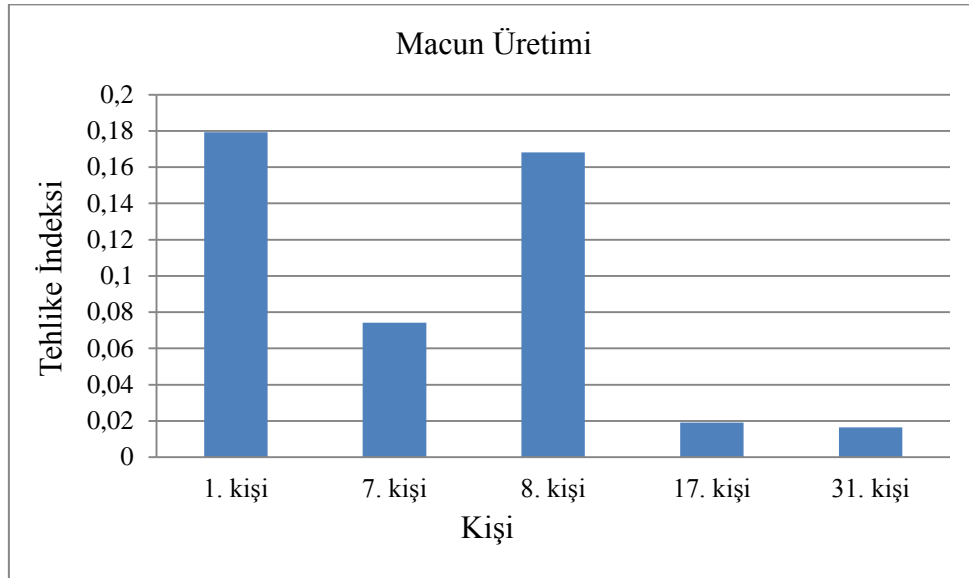
"6" Macun Üretim

Macun üretim bölümünde kirleticilere maruz kalan çalışanlar için kişiye özgü kronik günlük doz ve tehlike indeksi değerleri Çizelge 4.50'de listelenmektedir. Tehlike indeksi değerleri $HI < 1$ olduğundan kronik toksik risk görülmemektedir

Çizelge 4.50. “6” Macun üretim bölümü çalışanları için CDI ve tehlike indeksi değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz				Tehlike İndeksi
			Etilbenzen CDI (mg/kg.gün)	m,p-Ksilen CDI (mg/kg.gün)	Toluen CDI (mg/kg.gün)	Stiren CDI (mg/kg.gün)	
1. kişi	10,0	67	0,004732	0,004423	0,005772	0,007525	0,17921
7. kişi	5,0	81	0,001957	0,001829	0,002387	0,003112	0,07412
8. kişi	10,5	75	0,004438	0,004149	0,005414	0,007059	0,16810
17. kişi	1,0	63	0,000503	0,00047	0,000614	0,0008	0,01906
31. kişi	1,0	73	0,000434	0,000406	0,00053	0,000691	0,01645

Şekil 4.25’te görüldüğü gibi macun üretim bölümünde en uzun süre çalışan iki kişi için hesaplanan tehlike indeksi değerleri birbirine çok yakındır. En yüksek kronik toksik risk taşıyan 10 yıldır işletmede çalışan 0,17921 değerleriyle 1. kişidir. Bunu 8. ve 7. kişi takip etmektedir. En düşük kronik toksik risk taşıyan kişi ise 1 yıldır işletmede çalışan 31. kişidir.



Şekil 4.25. “6” Macun üretim bölümü çalışanları için tehlike indeksi değerleri

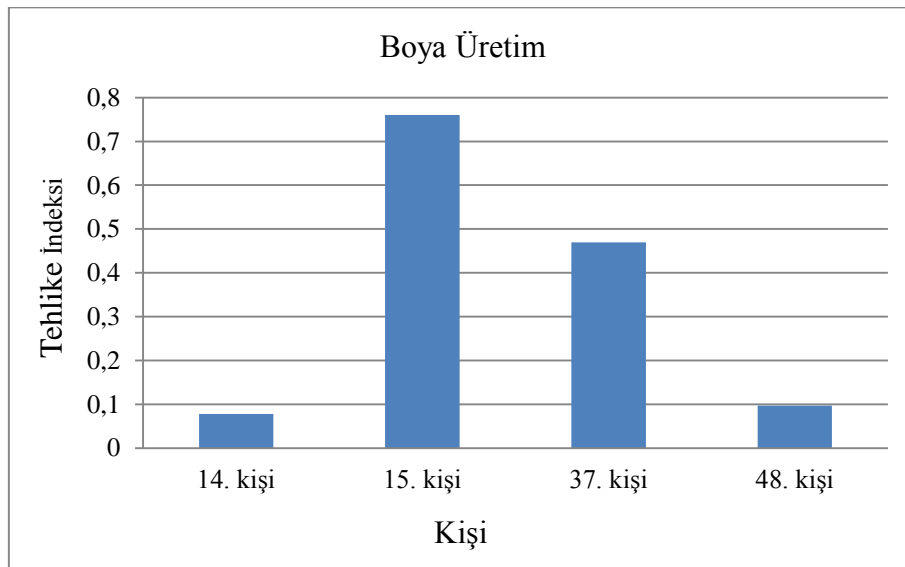
“7” ve “9” Boya Üretim

Boya üretim bölümünde çalışan 4 kişi için kronik günlük doz ve tehlike indeksi değerleri Çizelge 4.51’de verilmiştir. Her bir kişi için tehlike indeksi $HI < 1$ olduğundan kanserojen olmayan risk söz konusu değildir.

Çizelge 4.51. “7” ve “9” Boya üretim bölümü çalışanları için CDI ve tehlike indeksi değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz					Tehlike İndeksi
			Etilbenzen CDI (mg/kg.gün)	m,p-Ksilen CDI (mg/kg.gün)	o-Ksilen CDI (mg/kg.gün)	Toluen CDI (mg/kg.gün)	Klorobenzen CDI (mg/kg.gün)	
14. kişi	1,0	87	0,0004464	0,0004651	0,0003899	0,0011033	0,0011033	0,0776972
15. kişi	9,0	80	0,0043688	0,0045524	0,0038161	0,0107989	0,0107989	0,7604617
37. kişi	5,0	72	0,0026968	0,0028101	0,0023556	0,006666	0,006666	0,4694208
48. kişi	1,0	70	0,0005548	0,0005781	0,0004846	0,0013713	0,0013713	0,0965666

Boya üretim bölümünde çalışma süresi 9 yıl olan 15. kişi için tehlike indeksi değeri en yüksektir. Bunu 5 yıldır işletmede çalışan 37. kişi takip etmektedir. En düşük kronik toksik risk ise 1 yıldır işletmede çalışan 14. kişi için söz konusudur (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. “7” ve “9” Boya üretim bölümü çalışanları için tehlike indeksi değerleri

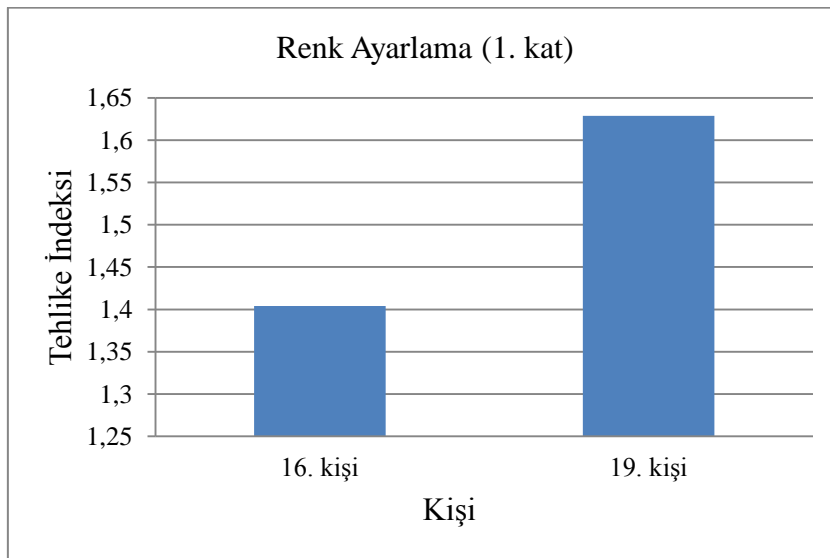
“8” Renk Ayarlama(1. Kat)

Renk ayarlama bölümünde, işletmede en uzun süre bulunan 2 kişi çalışmaktadır. Bu bölümde maruz kaldıkları kirletici konsantrasyonları ile kronik günlük doz ve tehlike indeksi değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.52’de görüldüğü gibi tehlike indeksi değerleri her iki çalışan için de $HI > 1$ olduğundan kronik toksik riskten söz etmek mümkündür.

Çizelge 4.52. “8” Renk ayarlama (1. kat) çalışanları için CDI ve tehlike indeksi değerleri

Kişi	Çalışma Süresi (yıl)	Vücut Ağırlığı (kg)	Kronik Günlük Doz					Tehlike İndeksi
			Etilbenzen CDI (mg/kg.gün)	m,p-Ksilen CDI (mg/kg.gün)	o-Ksilen CDI (mg/kg.gün)	Toluen CDI (mg/kg.gün)	Klorobenzen CDI (mg/kg.gün)	
16. kişi	34,0	87	0,018732	0,020897	0,01421	0,016661	0,016661	1,404141
19. kişi	34,0	75	0,021729	0,024241	0,016484	0,019326	0,019326	1,628804

34 yıldır işletmede çalışan 19. ve 16. kişi için tehlike indeksi seviyeleri 1,628804 ve 1.404141’dir. Her iki kişinin de işletmede çalışma süreleri aynı olmasına rağmen tehlike indeksi değerlerindeki bu fark çalışanların vücut ağırlıklarından kaynaklanmaktadır (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. “8” Renk ayarlama (1.kat) çalışanları için tehlike indeksi değerleri

Kocaeli şehir merkezinde uçucu organik bileşik seviyelerinin belirlenmesi ve risk değerlendirmesinin yapıldığı çalışmada farklı noktalarda yapılan UOB konsantrasyon ölçümleri sonucu hesaplanan en yüksek tehlike indeksi $4,39 \times 10^{-3}$ olarak hesaplanmıştır (Çökelek 2008). Akal (2011) tarafından yapılan Hacettepe Üniversitesi kimya mühendisliği bölümü iç ortamında hava kirleticilerinin belirlenmesi ve sağlık etkilerinin değerlendirilmesi çalışmasında kanserojen olmayan kirleticiler için toplam tehlike indeksi değeri 0,7 olarak hesaplanmıştır.

4.3.2.1. Kişisel Maruziyet UOB Riskleri

İşletmede çalışan 7 kişiye yapılan kişisel maruziyet UOB ölçümü sonucu kanserojen olmayan UOB'ler için tehlike indeksi hesaplanmıştır. Kronik günlük doz ve tehlike indeksi hesaplama sonuçları Çizelge 4.53-Çizelge 4.57'de verilmiştir. Referans doz (RfD), değerlendirme yapılan bileşiklerden toluen, etilbenzen, m,p-xylene, o-ksilen, 2-klorotoluen ve klorobenzen için yayınlanmış bulunmaktadır. Kabul edilebilir tehlike indeksi seviyesi USEPA tarafından kullanılan ve tavsiye edilen $HI < 1$ 'dir. 7 kişi için hesaplanan tehlike indeksi değerlerine bakıldığında 3 kişi için $HI > 1$ olduğundan kanser harici UOB'ler için risk söz konusudur. En yüksek tehlike indeksi 30,1874 değer ile boya üretim (1.kat) bölümünde 34 yıldır çalışan 16. kişide görülmektedir. Yapılan ölçümler sonucu macun üretim bölümünde ve boya sprey fırınında herhangi bir kanser harici risk taşıyan UOB'e rastlanmadığı için tehlike indeksi hesaplanmamıştır.

Çizelge 4.53. Laboratuvarında çalışan 5. kişi için CDI ve tehlike indeksi değerleri

Parametre	Kronik Günlük Doz CDI (mg/kg.gün)	Tehlike İndeksi
1,1-Dikloropropen	0,00774265	-
Trans-1,3-Dikloropropen	0,00076801	-
Toluen	0,01209184	0,15115
Klorobenzen	0,00168596	0,0843
Etilbenzen	0,00280034	0,028
m,p-Ksilen	0,00401914	0,0201
Bromoform	0,0015669	-
o-Ksilen	0,00157712	0,00789
TOPLAM	-	0,29143

Çizelge 4.54. Dolum bölümünde çalışan 41. kişi için CDI ve tehlike indeksi değerleri

Parametre	Kronik Günlük Doz CDI (mg/kg.gün)	Tehlike İndeksi
Toluen	0,01294116	0,16176
1,2-Dibromoetan	0,08917861	-
Etilbenzen	0,00432581	0,04326
m,p-Ksilen	0,00680948	0,03405
Bromoform	0,0019632	-
o-Ksilen	0,00171122	0,00856
TOPLAM	-	0,24763

Çizelge 4.55. Boya üretim (karışım) bölümünde çalışan 37. kişi için CDI ve kanser riski değerleri

Parametre	Kronik Günlük Doz CDI (mg/kg.gün)	Tehlike İndeksi
1,1-Dikloropropen	0,00377337	-
Toluen	0,14315957	1,78949
Dibromoklorometan	0,00245934	-
1,2-Dibromoetan	1,08662694	-
Etilbenzen	0,04982157	0,49822
m,p-Ksilen	0,07736578	0,38683
Bromoform	0,00281008	-
o-Ksilen	0,01592024	0,0796
2-Klorotoluen	0,00173467	0,08673
TOPLAM	-	2,84087

Çizelge 4.56. Boya üretim (1. kat) bölümünde çalışan 16. kişi için CDI ve kanser riski değerleri

Parametre	Kronik Günlük Doz CDI (mg/kg.gün)	Tehlike İndeksi
Toluen	2,41498949	30,1874
1,2-Dibromoetan	0,76459594	-
TOPLAM	TOPLAM	30,1874

Çizelge 4.57. Boya üretim (1. kat) bölümünde çalışan 19. kişi için CDI ve kanser riski değerleri

Parametre	Kronik Günlük Doz CDI (mg/kg.gün)	Tehlike İndeksi
1,1-Dikloropropen	0,02407094	-
1,2-Dibromoetan	7,56080037	-
Klorobenzen	0,01800359	0,90018
Etilbenzen	0,02620616	0,26206
m,p-Ksilen	0,04009339	0,20047
Bromoform	0,03427653	-
o-Ksilen	0,01612119	0,08061
TOPLAM	-	1,44331

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bir boya üretim tesisinde iç ortam hava kirleticiler ve konsantrasyonları belirlenerek maruz kalınan kirleticilerin çalışanlar üzerindeki sağlık etkileri değerlendirilmiştir. Boya üretim bölümü, renk ayarlama bölümleri, laboratuvar, macun üretim bölümü, boya sprej fırını ve dolun bölümü olmak üzere toplam 9 noktada UOB tayini ve konsantrasyonları, 2 noktada partikül madde ve 1 noktada kurşun konsantrasyonu, işletmede çalışan 7 kişi için kişisel maruziyet UOB ve 2 kişi için kişisel maruziyet PM ölçümü yapılmıştır. Ortamda belirlenen kirletici konsantrasyonlarına maruziyet sonucunda bölüm içerisinde zaman geçiren bireylerde gözlenebilecek olumsuz sağlık etkilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. İşletmede dolun ve laboratuvarda konfor (karbondioksit ve sıcaklık) parametreleri 2 ay süreyle ölçülmüş olup, CO₂ konsantrasyon değerleri ile hava değişim sayısı hesaplanmıştır.

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde işletmede yapılan ölçümler sonucu belirlenen ortalama konsantrasyonlar benzen için 0,298 mg/m³, 1,2-dibromoetan için 4,929 mg/m³, etilbenzen için 0,495 mg/m³, m,p-ksilen için 0,457 mg/m³, o-ksilen için 0,314 mg/m³, toluen için 1,021 mg/m³, n-propilbenzen için 0,043 mg/m³, 2-klorotoluen için 0,090 mg/m³, 4-klorotoluen için 0,133 mg/m³, stiren için 0,77 mg/m³, klorobenzen için 0,140 mg/m³ olarak tespit edilmiştir. İç ortam UOB konsantrasyon değerleri Health and Safety Executive ve NIOSH'ta belirtilen sınır değerlerin altındadır.

İşletmede 9 bölümde yapılan ölçümler sonucu sadece bazkat boya üretim bölümünde benzene rastlanmamıştır. Diğer 8 bölümdeki ise benzen konsantrasyonları birbirine çok yakın olup ortalama 0,298 mg/m³'tür. Tüm bölümlerde 1,2-dibromoetan ve etilbenzen konsantrasyonuna rastlanmıştır olup, bazkat boya üretim bölümünde 18,80323 mg/m³ ile en yüksek 1,2-dibromoetan konsantrasyonu, 0,43158 mg/m³ değer ile en düşük macun üretim bölümünde görülmüştür. Renk ayarlama (1.kat) bölümünde 0,65576 mg/m³ ile en yüksek etilbenzen konsantrasyonuna rastlanmıştır, en düşük ise 0,40335 mg/m³ değer ile boya sprej fırınında görülmüştür.

Renk ayarlama(1.kat) bölümünde 0,73157 mg/m³ ile en yüksek m,p-ksilen, 0,49747 mg/m³ ile en en yüksek o-ksilen konsantrasyonu görülmüştür. En düşük m,p-ksilen konsantrasyonu 0,40548 mg/m³ değer ile macun üretim bölümünde görülürken boya sprej fırınında m,p-ksilen varlığına rastlanmamıştır. En düşük o-ksilen konsantrasyonu ise 0,43305

mg/m³ değer ile renk ayarlama (zemin) bölümünde görölürken, laboratuvar, boya sprey fırını ve macun üretim bölümlerinde o-ksilen görölmemiştir. Toluen konsantrasyonu dolun bölümünde 4,95738 mg/m³ ile en yüksek, 0,39871 mg/m³ değer ile en düşük konsantrasyon renk ayarlama (zemin) bölümünde görölürken laboratuvar ve boya sprey fırınında toluen varlığına rastlanmamıştır. Sadece dolun bölümünde bulunan n-propilbenzen konsantrasyonu 0,38774 mg/m³'tür. Diğer bölümlerde n-propilbenzen görölmemiştir. Dolun ve bazkat boya üretim bölümünde görölen 2-klorotoluenin en yüksek konsantrasyonu dolun bölümünde 0,4047 mg/m³'tür. 4-Klorotoluen, bazkat boya üretimi, dolun ve macun üretimi bölümlerinde görölmektedir. Konsantrasyonlar birbirine çok yakın olup en yüksek 0,39898 mg/m³ ile bazkat boya üretim bölümünde görölmüştür. Sadece macun üretim bölümünde görölen stiren konsantrasyonu 0,68982 mg/m³'tür. Diğer bölümlerde stirene rastlanmamıştır. Bazkat üretim (karışım), renk ayarlama (1. kat) ve boya üretim (ezim) bölümlerinde bulunan klorobenzen konsantrasyonları birbirine çok yakın olup en yüksek 0,43264 mg/m³ ile boya üretim (ezim) bölümünde görölmüştür.

İşletmede boya ve macun üretim bölümünde iç ortam partikül madde konsantrasyonları 7,45 mg/m³ ve 3,11 mg/m³ ölçölmüş olup, Tozla Mücadele Yönetmeliği'nde belirtilen 15 mg/m³ sınır değerin altındadır. Boya üretim bölümünde ölçölen kurşun konsantrasyonu ise <1 mg/m³ olarak ölçölmüştür.

İç ortam kirleticilere maruz kalan çalışanlar için UOB konsantrasyonları ile sağlık risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. İşletmede bölüm içerisinde her bir kişinin çalışma süresi ve vücut ağırlığı göz önünde bulundurularak çalışanların benzen ve 1-2 dibromoethane maruziyetleri sonucundaki hesaplanan kanser risk değerleri işletmedeki tüm bölümlerde çalışan kişiler için USEPA'nın önerdiği 10⁻⁶ değerinden yüksek olduğu görölmüştür. En yüksek kanser risk değeri ise 0,23178 değer ile dolun bölümünde çalışan 36. kişi için hesaplanmıştır. 2-klorotoluen, klorobenzen, toluen, etilbenzen, m,p-ksilen, o-ksilen ve stiren gibi kanser harici uçucu organik bileşikler için ise tehlike indeksi değerleri hesaplanmıştır. Sözü geçen kanser harici kirleticilerin tehlike indeks değerleri 5 kişi için USEPA'nın önerdiği 1 değerinden yüksek olduğu tespit edilmiş olup, en yüksek tehlike indeksi 1,6288 değer ile renk ayarlama (1.kat) bölümünde çalışan 19. kişi için hesaplanmıştır.

Aynı bölümde çalışan kişilerin maruz kaldıkları kirleticilerle yapılan sağlık risklerinin değerlendirmesinde, kanser riski ve tehlike indeksi değerlerinin bireyin çalışma yılına ve

vücut ağırlığına bağlı olduğu görülmektedir. Çalışma süresi arttıkça risk artmakta, kişinin ağırlığı arttıkça da risk değeri azalmaktadır.

İşletmede 7 kişiye yapılan kişisel maruziyet UOB ölçümleri yapılmış, her bir çalışan için sağlık risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Kişisel maruziyet UOB konsantrasyonları Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelikte belirtilen sınır değerleri aşmadığı görülmüştür. Benzen, 1-2 dibromoethane, dibromochloromethane, bromoform, trans-1,3-Dichloropropene ve tetrachloroethane için kanser risk hesaplaması yapılmış, 2-chlorotoluene, chlorobenzene, toluen, ethylbenzene, m,p-xylene ve o-xylene için ise tehlike indeksi değerleri hesaplanmıştır. En yüksek kanser riski 15,122 değer ile 19. kişi, en yüksek tehlike indeksi ise 30,187 değer ile 16. kişi için hesaplanmıştır.

Kişisel maruziyet PM ölçümleri sonucu, macun üretim bölümünde çalışan kişi için PM değeri $0,29 \text{ mg/m}^3$, boya üretim (karışım) bölümünde çalışan kişi için $7,31 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüştür. Macun üretim bölümünde PM konsantrasyonu Tozla Mücadele Yönetmeliği'nde belirtilen 5 mg/m^3 sınır değerinin altında iken, boya üretim (karışım) bölümünde PM değeri sınır değerinin üzerindedir. Dolayısıyla bu bölümde çalışan kişiler daha yüksek partikül madde kirliliğine maruz kalmaktadırlar.

İşletmede dolum ve laboratuvar bölümlerinde konfor parametreleri (sıcaklık ve karbondioksit) ölçümü yapılmıştır. Ortalama CO_2 konsantrasyonları dolum bölümünde 691 ppm, laboratuvar bölümünde ise 539 ppm'dir. Her iki bölümde de CO_2 konsantrasyonları, sınır değer olarak kabul edilen 1000 ppm'in altındadır. Ölçümler sonucunda ortalama CO_2 konsantrasyonları ile hava değişim sayısı hesaplanmıştır. Dolum bölümünde $0,249 \text{ h}^{-1}$, laboratuvarda $0,898 \text{ h}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Hava değişim sayısı laboratuvar bölümünde, sınır değer olan $0,35 \text{ h}^{-1}$ 'in üzerindeyken dolum bölümünde ise altındadır. Dolayısıyla, havalandırmanın laboratuvar için yeterli, dolum bölümü için ise yetersiz olduğu söylenebilir. Ortalama sıcaklık dolum bölümünde $16,3^\circ\text{C}$, laboratuvarda $18,2^\circ\text{C}$ olarak ölçülmüştür.

Yapılan çalışmada, bir takım kirleticilerin iç ortam havasındaki konsantrasyonlarının ve bu kirleticilere maruziyette insan sağlığını olumsuz etkileyen riskin azaltılması için genel birkaç öneri yapılabilir. Bunlardan birincisi tehlikenin kaynağında yok edilmesidir. Yani mümkünse kullanılan zararlı kimyasallar daha az zararlılarıyla ikame edilmelidir. Bu sağlanamıyorsa, söz konusu maruziyette havalandırma sistemlerinin (genel ve lokal

havalandırma) iyileştirilmesi gibi toplu korunma yolları tercih edilmelidir. Son çözüm yolu ise bireysel olan kişisel korucu donanımların kullanılması ile ilgili kurallara önem verilmesidir.

Emisyonlara neden olan kirleticilerin maruziyete minimum sebebiyet verecek şekilde kapalı kaplarda depolanması sağlanabilir. Ayrıca bu kirleticilere direkt maruz kalan bireylerin kişisel koruyucu donanım kullanmalarına özen göstermeleri ve kimyasallara direkt maruz kalınan bölümlerde lokal havalandırma sistemlerinin etkinliğinin artırılması önem taşır.

Yüksek konsantrasyon değerindeki kirleticilere kısa süreli maruziyetle düşük konsantrasyondaki kirleticilere uzun süreli maruziyet olumsuz sağlık etkileri bakımından eşit şekilde değerlendirilebilir. Bu nedenle düşük seviyeli konsantrasyonların gözlendiği noktalarda zaman geçiren çalışanların, bu durumu göz önünde bulundurarak mekanların sıklıkla havalandırılmasına özen göstermesi gerekmektedir.

Çalışanlara yapılan periyodik sağlık kontrolleri daha sık aralıklarla yapılmalı, kanser riski ihtimalinin yüksek olduğu düşünülerek kanser teşhisinin belirlenmesi için daha özel sağlık testlerinin belirli periyotlarda yapılması sağlanmalıdır.

Yapılan çalışmada, iç ortam hava kirletici konsantrasyonlarının sınır değerlerin altında olmasına rağmen kanser riski ve tehlike indeksi hesaplamaları sonucunda mevcut risklerin söz konusu olduğu görülmüştür. Bu durumda, yönetmeliklerdeki UOB'lerin sınır değerlerinde iyileştirmeler yapılmalı, özellikle kanser riski yüksek olan kirleticilerin de listeye eklenmesi ve sınır değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

- ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Threshold limit values and biological exposure indices. 6th Ed. Cincinnati, 1994.
- Akal D (2011). Hacettepe Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü İç Ortamında Hava Kirlenmelerinin Belirlenmesi ve Sağlık Etkilerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Alptekin O (2007). Binalarda İç Hava Kalitesi Toz Partiküllerinin İç Mekan Hava Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Alyüz B, Veli S (2006). İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşikler Ve Sağlık Üzerine Etkileri. Trakya Univ J Sci, 7(2): 109–116.
- ASHRAE, “ASHRAE HandbookCD, 2001 Fundamentals”, Chapter 9: Indoor Environmental Health, Atlanta, USA, 2003.
- ASTM E741-11, Standard Test Method for Determining Air Change in a Single Zone by Means of a Tracer Gas Dilution.
- Aslan G, Sofuoğlu A, İnal F, Odabaşı M, Sofuoğlu SC. İlköğretim Okullarında Bina-İçi Hava Uçucu Organik Madde Derişimleri: Derslikler ile Anasınıflarının Karşılaştırılması. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 684
- Babayiğit MA, Bakır B, Tekbaş ÖF, Oğur R, Kılıç A, Ulus S (2014). Indoor air quality in primary schools in Keçiören, Ankara. Turkish Journal of Medical Sciences, 44: 137-144
- Betuz NE (2012). Assessment Of Indoor Air Quality In Crowded Educational Spaces. Thesis of Master, Graduate School Of Natural And Applied Sciences, Ankara.
- Bulgurcu H, İlten N, Coşgun A (2006). Okullarda İç Hava Kalitesi Problemleri ve Çözümler. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 96: 59-72.
- Bulut H (2011). Havalandırma ve İç Hava Kalitesi Açısından CO₂ Miktarının Analizi. X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1679-1689.
- Coşgun A (2008). Antalya İlinde Bazı Toplu Çalışma Alanlarındaki İç Hava Kalitesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Coşgun A (2012). Antalya İlinde Farklı Noktalarda İç Hava Kalitesinin Araştırılması ve Modellenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Çökelek E (2008). Kocaeli Şehir Merkezinde Uçucu Organik Bileşik (UOB) Seviyelerinin Belirlenmesi ve Risk Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Eğri E, İmancı C, Akpolat M S (2011). Endüstriyel Havalandırma. İş Sağlığı Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.

EPA, Environmental Protection Agency

- Eymen E (2007). SPSS 15.0 Veri Analiz Yöntemleri. İstatistik Merkezi Yayın No:1, 62-110s.
- Güler Ç, Çobanoğlu Z (1994). Kapalı Ortam Hava Kirlenmesi. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 17-25 s, Ankara.
- Haksevenler T (2010). İstanbul'da Farklı İç Ortamlarda Hava Kalitesinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kurutaş B (2009). Bir Metal Endüstrisindeki Çalışma Ortamlarının İç Hava Kalitesinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kuş M (2007). Şanlıurfa İlindeki Yükseköğretim Kurumları Dersliklerinde İç Hava Kalitesinin İncelenmesi ve Modellenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Kuş M (2008). Üniversite Dersliklerinde İç Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi. 8.Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, 223-237.
- Motör D (2011). Edirne'de Bir İşletmede İç Ortam Hava Kalitesi ve Çalışanların Sağlığına Olan Etkilerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Sevencan A C, Sevencan F, Vaizoğlu S, Güler Ç (2011). Ankara'da Bir İlköğretim Okulunun İç ve Dış Çevresel Özelliklerinin Değerlendirilmesi. Genel Tıp Dergisi, 11-15.
- Sohn J R, Moon H J, Ryu S H, Hwang T (2012). Indoor Air Quality in School Classrooms with Mechanical Ventilation Systems. 7th International Symposium on Sustainable Healthy Buildings, Seoul, Korea, 349-357.
- Soysal A, Demiral Y (2007). Kapalı Ortam Hava Kirliliği. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 6 (3): 221-226.
- Tecer L H, Tuncel G, Tuncel S, Özmetin C, Sofuoğlu S, İlten N (2012). Balıkesir İli Atmosferik Kirleticilerin (PM_{2.5}, PM₁₀, VOC, PAH, SO₂, NO₂, O₃) Ve İç Hava Kirliliğinin Konsantrasyon, Kaynak Ve Sağlık Risklerinin Belirlenmesi, İkizcetepeler İçme-Sulama Suyu Baraj Gölüne Atmosferik Aerosollerle Taşınan Ağır Metallerin Yaş ve Kuru Depolanmasının Belirlenmesi. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, 50-55 s, Balıkesir.
- Tokel A, Baygüven F B, Ünal E (2012). Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri Raporu, Türk İstatistik Kurumu.
- Toprak M, Gürsoy G, Demiral Y, Çımrın A H, Sofuoğlu S C (2013). Üniversite Laboratuvarlarında İç Hava Kalitesi ve Çalışanların Mesleki Risk Etmenleri. Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, 2:87 – 95.
- Vesilind P, Morgan S, Heine Lauren (2011). Introduction to Environmental Engineering. Nobel Yayıncılık, Ankara, 409-448.

- Yılmaz E (2011). Çözücü Kullanan İşyerlerinin İç Ortam Havaında Uçucu Organik Bileşiklerin Pasif Örnekleme ile Tayini ve İzlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Yurtseven E (2007). İki Farklı Coğrafi Bölgedeki İlköğretim Okullarında İç Ortam Havaasının İnsan Sağlığına Etkileri Yönünden Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Zeydan Z, Zeydan Ö, Yıldırım Y (2009). Hasta Bina Sendromu. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. 587-595.

ÖZGEÇMİŞ

1983'te Kırklareli'nin İnce Nahiyesi'nde doğdu. 1994'te İnce İlkokulu'ndan, 1997'de Kırklareli Merkez Ortaokulu'ndan mezun olduktan sonra 2001'de Kırklareli Atatürk Lisesi'nde lise öğrenimini tamamladı. 2006'da Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nden başarıyla mezun oldu. 2007'de Sintaş Boya ve Kimya San. Ltd. Şti'nde başladığı iş hayatına halen devam etmektedir. 2011 yılında başladığı Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrencisidir.